



TITLE:

樹木ノ肥大生長偏倚ニ關スル研究：
特ニアテノ形成ヲ伴ふ偏心生長ノ
原因的考察

AUTHOR(S):

尾中, 文彦

CITATION:

尾中, 文彦. 樹木ノ肥大生長偏倚ニ關スル研究: 特ニアテノ形成ヲ伴ふ
偏心生長ノ原因的考察. 京都帝國大學演習林報告 1937, 10: 1-81

ISSUE DATE:

1937-03-31

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/190455>

RIGHT:

緒 言

樹木ノ幹、枝又ハ根ニ於ケル肥大生長ハスベテノ放射方向ニ同様ナルモノトハ限ラナイ。屢々側ニヨツテ生長ノ量ヲ異ニシ、横断面ノ形ハ橢圓形、卵形、繭形其ノ他種々不規則ナル形トナル。就中自然ニ於テ最も普通ニ見ラレルノハ生長ガ一方ニ偏倚シ、髓ガ從テ横断面上一側ニ偏ツタ位置ニナツテ居ル例デアル。カカル偏心的ナ肥大生長ヲ一般ニ偏心生長 (Das exzentrische Dickenwachstum) ト呼ンデ居ル(第1圖)。

多クノ側枝又ハ幹ノ傾斜セル部分ニ此ノ偏心生長ガ現レル事ハ可ナリ古クカラ知ラレテ居タモノノ如ク、之ニ關スル最初ノ觀察ハ遠ク Malpighi ニ遡ルト言フ(63, S. 257)。又De Candolle (1833), Treviranus (1835) 等モ夙ニ此ノ現象ニ注意シテ居ルガ、初メテ之ヲ生長ノ偏倚スル側ニヨリ其上側ナル場合ヲ Epinastie、下側ナル場合ヲ Hyponastie ト分ケタノハ Carl Schimper (1854)¹⁾ デアル(32, S.2)。此ノ用語ハ後 De Vries (1872) ニヨツテ伸長生長ノ上側又ハ下側ニ偏ルヲ意味シテ用ヒラレ、Wiesner (1892) ハ改メテ Epi- 及ビ Hypotrophie²⁾ ト稱シタ。尤モ Wiesner ノ使用シタ Trophie ノ範圍ハ單ニ材部、皮部等組織ノ不等生長ノミナラズ廣ク軸ヨリ出ズル葉、芽或ハ苗等ノ發達ガ側ニヨツテ相違スル場合ニ互ルモノデ、Czapek (1898) ハ之ヲ區別スル爲ニ別ニ後者ニ對シテ Auxesis ナル語ヲ充テ、Trophie ヲ以テ組織ノ生長偏倚即チ偏心生長ノ場合ノミニ限定シテ居ル(49, S. 83)。

偏心生長ノ原因ニ就テハ、前世紀末葉ヨリ今世紀初頭ヘカケテ盛ニ論議サレタモノデ、Detlefsen (1881), Nördlinger (1882), Kny (1882), Wiesner (1892, 1896.), Schwarz (1899), Ursprung (1906), Engler (1918, 1924) 其ノ他多數ノ人々ノ研究ガアリ、Engler ハ此ノ問題ニ關スル論文ニヨツテ Die Stiftung von Schnyder von Wartensee ノ賞ヲ得テ居ル。更ニ最近ニ於テハ Hartmann (1932) (23), Jaccard (1935) (29) 等ノ興味アル報告ガアルガ、今猶十分ナル解決ハ與ヘラレテ居ラヌ。

偏心生長ニ際シ形成サレル組織ニハ量的ノ相違ガアルノミデナク、質的ニモ種々ノ點カラ異常ガ認メラレルモノデ、例ヘバ針葉樹ニ於テ生長ノ偏倚セル側ノ材ハ濃キ赤褐色ヲ帶ビ、硬度高く、比重大ニシテ、機械的強度、乾燥ニ伴フ收縮率等モ正常ノ材ト異ナルトコロガアリ、又解剖的ニ見テ假

1) 之ハ Göttingen ニ於ケル第三十一回ノ Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte ニ報告セルモノデ、此ノ他ニ Diplonastie, Spironastie 等ノ型モ分ケテ居ル。

2) Wiesner ハ尙生長ノ兩横側ニ偏倚スル場合ヲ Amphitrophie ト呼ンテ居ル。

導管ノ横斷面ハ圓形ヲナシ、細胞間隙ガ現レ、ソノ細胞膜ハ著シク肥厚シ、木化ノ程度高く、二次ノ肥厚層上ニ特徴的ノ螺旋狀隙紋 (Spiralstreifung) ヲ有スル (21. 54. 58. 61)。又濶葉樹ニアツテモ樹種ニヨリ一様デハナイガ同ジク生長偏倚側ノ材ハ色澤、硬度、膨潤率等ヲ異ニシ、特ニ木纖維ノ率ニ富ミ、且多クノ樹種ニ於テソノ膜ニ木化度低キ三次的ノ膠質層ヲ發達スル (27. 40. 3)。カカル異常ノ組織ノ存在ハ用材ノ質ヲ不均等ナラシメ、利用上ノ價值ヲ低下スル事著シキモノガアリ、木工業者ニヨツテ**アテ**トヨバレ材質ヲ損ズル主要ナル瑕疵ノ一ニ數ヘラレテ居ルノハ、即チ此ノ組織ヲ含ム部分デアル。林木ニ於テ此ノ**アテ**ヲ形成セルモノノ多イ場合、ソノ材價ヲ低落シ、森林收入ノ減殺ヲ來ス事ハ想像以上ニ甚大ナルモノ¹⁾デ、從テ之ガ形成ノ原因ヲ明カニスルハ營ニ植物生理學上ノ興味ヲヒクニ止マラズ、林學上極メテ重要視サレル問題トナル。

此ノ點ニ鑑ミ著者ハ一般肥大生長ノ偏倚現象中、特ニ**アテ**ノ形成ヲ伴フ偏心生長ニ關シ、先ヅ本報ニ於テ其ノ直接ノ原因タル因子ニ就テ考察ヲ試ミムトスルモノデアル。

1) 森技師 (43) ノ記載ニヨルト青森營林局ニ於テあすなろニ**アテ**ヲ形成セルモノ多ク、此ノ瑕疵ノミニヨル同局ノ年收額ノ減少ハ實ニ 80 萬圓ニ上ルト謂フ。



第1圖 偏心生長ノ例

- | | |
|--------|-----------|
| A あかまつ | B あむりとどまつ |
| C かつら | D とりのき |
| E みづなら | |

何レモ幹ノ傾斜セル部分ノ斷面。生長偏倚側ニ於テ濃色ニ見エル材部が**アテ**。

第一章 偏心生長ノ原因ニ關スル從來ノ學說

偏心生長ノ原因ヲ説明セル最も古イ説トシテハ De Candolle (1833) ノ説ガ舉ゲラレルデアラウ。彼ハ之ニ就テ養液ガ重力ニヨツテ上側ヨリ下側ニ滲降スル爲ト假定シ、 „Flösse der Nahrungssaft in geschlossenen Gefässen, so wäre obige Tatsache unmöglich; wenn derselbe aber durch die Interzellulargänge strömt, so ist sie sehr leicht zu begreifen,“ ト述ベテ居ル (63, S. 258)。H. v Mohl (1862) モ亦同様ノ思想ヲ以テ下降スル養液ハ重力ニ從テ側枝ノ下側ヨリ幹ニ流入シ其ノ側ヲ養フト考ヘ、Kraus (1867) ハ更ニ重力ニヨリ下側ノ皮部ノ細胞ガ緊張ヲ減ジテ養分ガ此ノ側ニ集積シ易クナリ、從テ木部ノ生長ガ下側ニ促サレルトシタ。之等ハ何レモ下側ニ生長偏倚スル場合ノミヲ考ヘタモノデアアルガ、Gabnay (1892) (17) ニ至リ針葉樹ノ養液ハ闊葉樹ノ夫ニ比シ重ク、且其ノ組織ノ構造ハ前者ノ方ガ簡單ナル事等ノ理由ヲ以テ偏倚傾向ノ相違ヲ説明セムト試ミラレ、Ciesler (1896) (6) ハ Fichte ノ人工彎曲ニ際シテ生ゼル**アテ**ニ就キ此ノ Gabnay ノ説ヲ導入シ、一度傾斜セル部分ニテ下側ニ集積セル養液ハ同側ニ沿フテ基ノ方ニ下降シ直立部ニテモ**アテ**ヲ形成セシムルト解シテ居ル。

Sachs (1873) ハ皮部ノ切線方向ニ於ケル緊張ガ形成層ヲ放射方向ニ壓スル事トナリ、之ガ肥大生長ヲ制限スルト考ヘ、Detlefsen (1881) (10) 亦之ニ從テ偏心生長ガ皮壓ノ差ニヨツテ起ルトシタ。Kny (1882) (32, S. 24) ハ之ヲ實驗的ニ比較スル爲、上側ニ生長偏倚スル Tilia 及ビ下側ニ生長偏倚スル Pinus, Picea ノ枝ニ就テ、上下兩側ノ皮部ヲ分ケテ剝離シ、其ノ際切線方向ニ收縮スル率ヲ測定シテ Tilia ノ場合デハ 6 例共上側ニ收縮率小ナル事ヲ認メ、只 Picea 及ビ Pinus ノ場合デハ結果ガ一樣デナカッタト述ベテ居ル。Krabbe (1882) (33) ハ更ニ此ノ收縮セル皮部ヲ再ビ原形ニ引キ伸スニ要スル力ニヨツテ緊張度ヲ比較シ、其ノ結果ハ必ズシモ偏心生長ノ傾向ニ一致セズ、寧ロ生長ノ盛ナル側ニ皮壓モ大ナル傾向ガアルトシ、又何レニセヨ其ノ差ハ生長ニ偏倚ヲ生ゼシムル程著シイモノデハナイトノ見地ヨリ皮壓説ニ反對シテ居ル。

前述ノ重力ニヨツテ機械的ニ榮養ノ偏リヲ生ズルト言フ考ヘニ對シテ、直接重力ノ刺戟ガ偏心生長ノ原因ヲナスト言フ思想モ、古ク既ニ Hofmeister (1868), Wiesner (1868) 等ニ見出サレル (32, S. 4)。R. Hartig (1901) (22) ハ針葉樹ノ**アテ**ノ形成ガ次ニ述ベル縱壓ノ刺戟ニヨル他、單獨ニ重力ノ刺戟ニヨツテモ起ル場合アルヲ認メ、Ewart 及ビ Mason-Jones (1906) (14) ノ如キハ輪狀ニ彎曲セル Cupressus, Pinus 等ノ枝ニ於テ**アテ**ガ彎曲ノ凹側ニ關係ナク、常ニ下側ニ現レルトコロ

ヨリ、重力コソ其ノ形成ノ唯一ノ原因タルモノト考へ、Burns (1920) (5) 亦更ニ多数ノ實驗例ニ
ヨツテ此ノ見解ヲ支持シテ居ル。潤葉樹ノ場合ニ就テハ Engler (1918) (12) ガソノ上側ニ生長偏
倚スルヲ重力ノ刺戟ニヨルトナシ、之ニヨツテ生ズル材部ヲ Geotrophes Holz ト稱シタ。

又軸ガ彎曲セルトキ、ソノ凹側ニ生ズル縦壓ガ形成層ノ活動ヲ刺戟シ、**アテ**ヲ形成セシメルトノ
説ハ R. Hartig (1899) (22) ノ提唱セルトコロデアルガ、Engler 亦潤葉樹ニ於テモ同様縦壓ガ肥
大生長ヲ促ストシ、此ノ際ニ生ズル材部ヲ前者ニ對シテ Druckholz トヨンデ居ル。

Ursprung (1906) (63) ハ既往ノ諸説ニ就テ論評セル結果、叙上ノ如キ因果論的ノ説明ニハ未ダ
吾人ヲ満足セシムルニ足ルモノナシトシ、寧ロ之ハ目的論的ニ説明サルベキモノトノ見地ヨリ、偏
心生長ニヨツテ横斷面ガ橢圓形トナルハ彎曲ニ對スル樹木ノ抵抗性ヲ増加スル爲ト解シ、樹體ノ傾
倒セル場合、上側ノ抗張強ト下側ノ抗壓強ニ差ガアル時ソノ弱イ側ニ生長偏倚シテ量的ニ之ヲ補強
スルモノデアルト言フ。

Metzger (1893, 1908) (39, 40) ハ Fichte ノ幹形ニヨツテ、樹幹ハ一ノ等抗彎強體 (Träger gleichen
Widerstandes) ヲナスモノト考へ、風ニヨツテ彎曲サレル際抗彎強ノ劣ル部分ニ生長ガ促サレ、各
部ハ常ニ同一抵抗ノ形ニ導カレルトシ、Schwarz (1899) (56) 亦此ノ説ノ流レヲクンデ壓力ノ機械
的要求ガ生長ヲ促進スルモノデアルト論斷シテ居ル。

尙針葉樹ニ於テ**アテ**ノ部分ガ特ニ抗壓強ニ富ムトコロヨリ、其ノ形成ヲ機械的ノ刺戟ニ基クモノ
トスルモノニ Sonntag (1903) (58)、Rothe (1930) (54) Trendelenburg (1932) (61) 等ガアル。

Jaccard (1913) (25) ハ Metzger ニ對抗シテ樹幹ヲ各部ニ於テ水分通導能力同一ナルモノ (Schaft
gleicher Wasserleitungskapazität) トノ説ヲ樹テ、之ニヨツテ樹幹ノ肥大生長ヲ説明セムト試ミタ事
ガアルガ、偏心生長ノ原因トシテハ夫程重要ナルモノニ考ヘテ居ラス (1928, 1935) (28, 29)。

Wiesner (1896) (65) ハ側枝ノ母軸ニ對スル側ニヨツテ內的ニ固有ノ偏心性ガアルトシ、ソノ偏
倚スル側ノ關係ニ從テ針葉樹ハ Exotrophie、潤葉樹ハ Endotrophie ニ分タレルト述ベテ居ル。

方位ニヨツテ樹幹ノ肥大生長ニ相違ガアルト言フ考ヘハ更ニ古クカラアツタラシク、1762 年 Mus-
chenblocke ガ記載シタト言フヲ見ルト „Der Theil der Päume, welcher gegen Norden gekehrt ist,
wird in der mehrzahl der Fälle von schmälereu Jahrringen gebildet; die Kälte des Nordens hindert
nämlich die Zunahme und die Entwicklung der Vegetation; die dem Süden zugewendete Seite
setzt sich dagegen aus breiteren Jahrringen zusammen.....freilich findet zuweilen auch das
Entgegengesetzte statt.....“ (52, S. 2) トアリ、Cottlieb Tobias Wilhelm (1810) モ亦年輪ハ
北東側ニ密ニシテ南側ニハ屢々偽年輪が見出サレルト述ベテ居ル。Douglas (1919) (11, p. 22) ハ

實際上北ヨリ稍々東ニ偏レル側ニ年輪幅ガ廣イノガ見ラレルトシ、之ハオソラク濕度ノ關係ニヨルモノデアラウト言ツテ居ル。春季生長ノ開始スル時期ニ就テハ Chalk (1927) (7) ニヨルト疎開地ニアル Ash ノ幹ノ下部ニ於テ明カニ南側ニ早イノガ認メラレタガ鬱閉セル林内ニアル Douglas Fir デハカカル相違ガナイト言フ。

Musset (1867) ハ多クノ樹木ニ於テ直徑ガ東西ノ方向ニ大ナリトシ、之ヲ地球ノ自轉ニヨル遠心力ノ影響ト考ヘ (53)、Knight (1803) ハ南北ノ方向ニノミ動搖シ得ル状態ニアルりんごノ幹ニテ動搖ノ方向ニ肥大生長著シキヲ認メ、樹液ノ移動ガ此ノ側ニ容易ナル爲ナラムトシタ (56, S. 174)。併シ、Sachs (1873) ハ之ヲ動搖ニ際シ皮部ガ弛緩シテ皮壓ヲ減ズル爲ト解シ、Nördlinger (1882) (47) 亦此ノ見解ニ從テ風ガ樹幹ヲ動搖シ偏心生長ヲ起ス主要ナル原因トナルト稱シテ居ル。風ガ偏心生長ノ原因トナルトスルモノニハ尙此ノ他ニ Grundner (1882) ガアリ、其後モ多數ノ人々ニヨツテ述べラレテ居ルガ、其ノ直接ノ理由トシテハ Hartig (21) ガ風下ノ側ニ縦壓ガ加ハル爲トシ、Metzger ガ幹ニ機械的要求ヲ増加スル爲ト説明シテ居ルノハ前ニモ述べタ通りデアル。

Mer (1887) (38) ハ榮養ノ偏レル側ニテ過剰ノ形成物質ガ細胞膜ノ肥厚ニ用ヒラレ、此處ニアテヲ生ズトシ、Hartig (21) 亦樹冠ノ偏リニヨツテ生長偏倚ノ起ル場合ヲ或ル程度迄認メ、Rittmeyer (1898) (53)、Fritz 及ビ Averill (1924) ノ如キハ之ヲ偏心生長ノ重要ナル原因ニ數ヘテ居ル。Pehre (1925) (2) ハ之ニ對シ特ニ形成層ガ饑餓ノ状態ニアル際ハ兎モ角、普通樹冠ノ偏リノ影響ハ見ラレナイトシ、Münch (1927) (44, S. 164) ハ此ノ問題ニ關シテ „alle Säfte werden gleichsam in unaufhörlicher Spannung in ihren Gefässen erhalten und gehen vorzugsweise dahin, wo das grösste Bedürfnis ihres verbrauches.....sich befindet.“ ト言フ Heinrich Cotta (1806) ノ言葉ヲ引イテ、榮養ノ存在ガ直チニ生長ヲ促スモノデハナイトノ見解ヲトツテ居ル様デアル。

偏心生長ニ就テノ最も新ラシイ説ハ 1932 年ニ發表サレタ Hartmann ノ説デアラウ。彼ハアテノ形成ヲ以テ壓力又ハ張力ノ如キ機械的要求ニ從フモノニ非ズ、又重力ノ方向ニ何等ノ關係モ認メラレストシ、多クノ實驗ト觀察ニヨツテ、ソノ形成部位ハ次ノ如キ關係ニアルト述べテ居ル。

„Die Gesetzmässigkeit in der Reaktionsholzbildung bei Nadel- und Laubholz erklärt sich als eine Funktion des im Symmetriefelde der Schwerkraft gelegenen und zur inneren Gleichgewichtslage (Ruhelage) gestzmässig orientierten Sprossneigungsverhältnisses. Letzteres ergibt sich bei orthotropen Sprossen aus sekundärer Sprossneigung und bei plagiotropen Sprossen aus einer Kombination von Sprossneigung und Sprossdrehung. (23, S. 631)

第二章 偏心生長及ビアテノ形成ニ關スル實驗

前章ニ述ベタ様ニ偏心生長ノ原因ニ就テハ古來多數ノ説ガ提出サレテ居ルガ、ソノ多クハ自然ニ於ケル觀察ニ基ケルモノデ、實驗的ニ研究セルモノモナイデハナイガ、材料ガアマリニ僅小デアツタ爲、アル場合ニ就テ樹テラレタル説モ他ノ場合ニハ適合シ難イモノガアリ、Haberlandt (1924) (9), Münch (1924) (44), Pfeiffer (1926) (50) 等此ノ問題ヲ綜合的ニ論述セシモ、未ダ諸説ノ當否ヲ判ズルニ至ラナカッタ。自然ニ於テ得ラレル材料ニハ年輪毎ニ屢々偏倚ノ傾向ヲ異ニシ、**アテ**ノ形成側ハ一生長期內ニアツテモ幾度カ變化セル例ガ尠クナイ。且樹木ノ形モ極メテ動的ノモノデ、生理的又ハ機械的ニ種々ノ方向ニ傾斜屈曲スルガ故ニ、之ニヨツテ如何ナル場合ニ如何ナル傾向ノ偏心生長ガ現レルモノデアルカヲ定ムルハ甚ダ誤リヲ來シ易イ。¹⁾

ココニ自然ニ於ケル偏心生長ノ原因ヲ取扱フニ先ダチ、先ヅ實驗的ニ樹木ヲ種々ノ條件ノ下ニオキ、偏心生長ノ出現スル状態ヲ明カニシテオク事トスル。

第一節 實驗材料、アテノ識別

實驗ニ用フル樹種ハ偏心生長ニ伴ツテ生ズル特殊ノ組織、即チ**アテ**ノ部分ガナルベル識別シ易イモノヲ選ブノガ便利デアルガ、ココニハ針葉樹ニ於テ

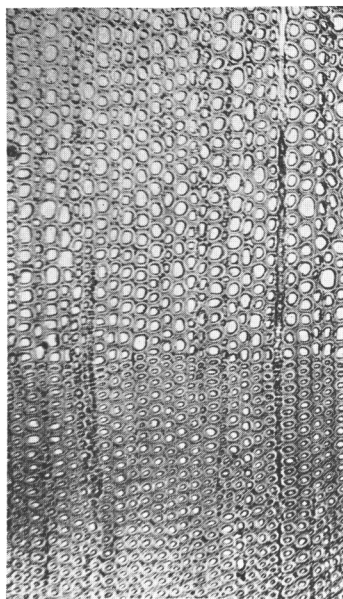
い	て	ふ	Ginkgo biloba L.
も		み	Abies firma Sieb. et Zucc.
つ		が	Tsuga Sieboldii Carr.
ど	い	つ	Picea excelsa LK.
か	ら	まつ	Larix Kaempferi Sarg.
く	ろ	まつ	Pinus Thunbergii Parl.
あ	か	まつ	Pinus densiflora Sieb. et Zucc.
す		ぎ	Cryptomeria japonica D. Don.
ら	ん	だ	Cunninghamia Konishii Hayata
あ	す	な	Thujopsis dolabrata Sieb. et Zucc.

1) Küster (1925) (33) ハ Viscum album ノ着生セル Pinus silvestris ノ枝ニテ**アテ**ノ形成側ガ種々ノ方向ニ變化セルヲ認メ、其ノ原因ガ奈邊ニアルカ全ク考察シ難イモノガアルト述ベテ居ル。

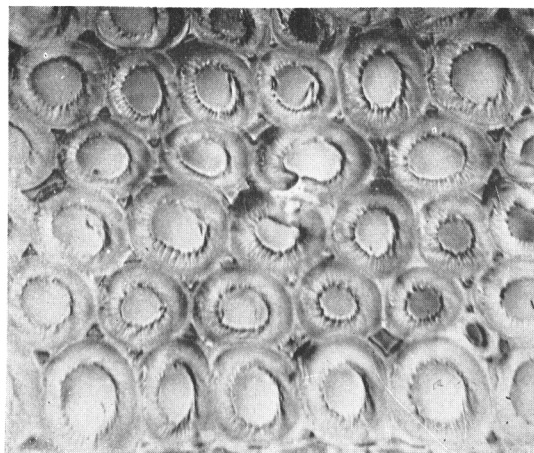
第2圖 針葉樹ノアテノ構造

- A あかまつ（第1圖A）ノ下側ノアテ。 ×70.
秋材部ト春材部ニ於テ假導管ノ膜ノ厚サ殆ド差ナシ。
- B 同 麻大。 ×550.
假導管ノ断面圓形トナリ細胞間隙ヲ生ジ、又其ノ膜厚クシテ放射螺旋狀ノ隙溝アルヲ示ス。
- C 同 上側。 ×90.
上側ハ肥大生長極メテ少ク、細胞春材1層秋材1層ニテ1年輪ヲナスモノ、或ハ全ク年輪ヲ缺成スルモノアルヲ示ス。
- D すぎノアテト正常材ノ界ノ部分ノ放射断面。 ×350.
左方ハ正常材、右方ハアテ。アテニテ螺旋狀隙紋が現レ、且孔紋ノ形變化シ、開口長裂綽狀トナルヲ示ス。
- E あかまつノアテヲ横断面上濃硫酸ニテ膨潤シ細胞膜ノ螺旋狀隙溝ヲ明瞭ナラシメタルモノ。 ×450.
- F 同 解離セル假導管ニテ示セル螺旋狀隙紋。 ×450.

A



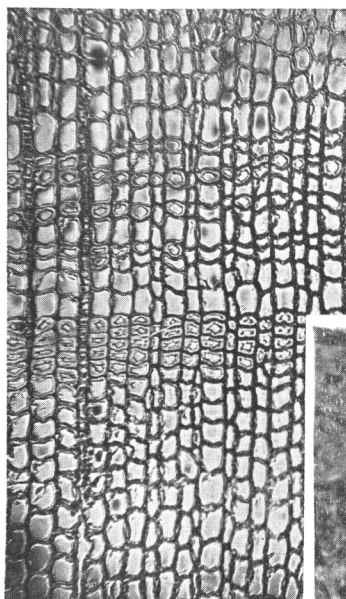
B



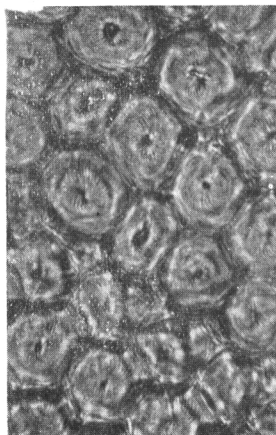
D



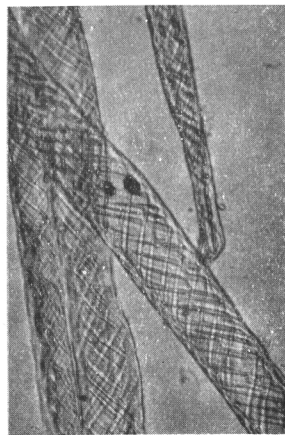
C



E



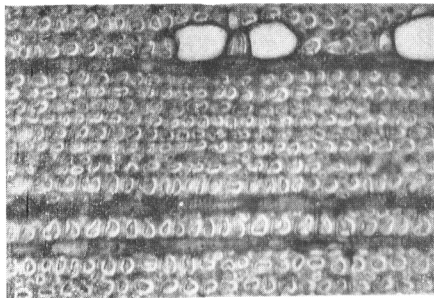
F



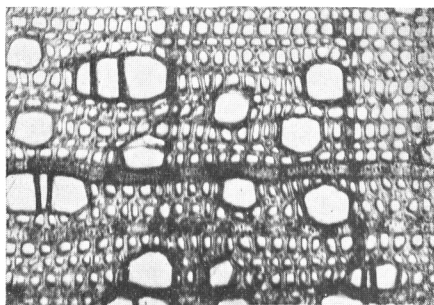
第 3 圖 潤葉樹ノアテノ構造

- A とちのき (第 1 圖 D) ノ上側。 × 200.
- B 同 下側。 × 200.
- C 同 上側廓大。 × 400.
木纖維ノ細胞膜ノ最内層ニテ白ク見ユルガ膠質層。
- D 同 下側廓大。 × 400.
膠質層ヲ缺ク。
- E かつら (第 1 圖 C) ノ上側廓大。 × 400.
纖維狀假導管ノ細胞膜ノ内層ハ膠質化ス。
- F 同 下側廓大。 × 400.
細胞膜ハ膠質化セズ。
- G 同 クロールチンク沃度反應。 × 300.
右半ハ膠質層ヲ有セザル秋材部、左半ハ二次肥厚層ガ膠質層トナリ全ク
木質化セザル爲紫色ヲ呈スルヲ示ス。

A



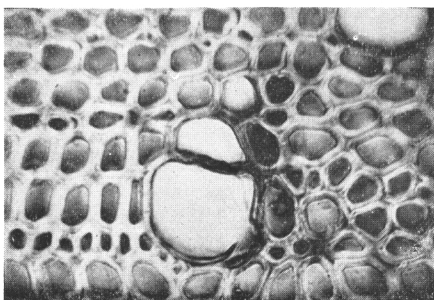
B



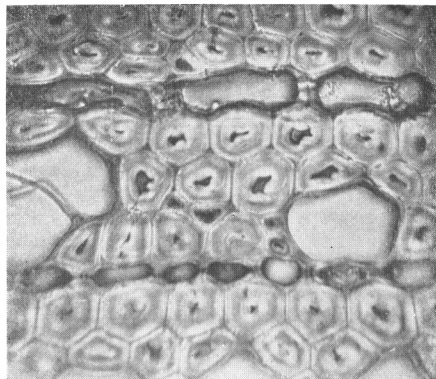
C



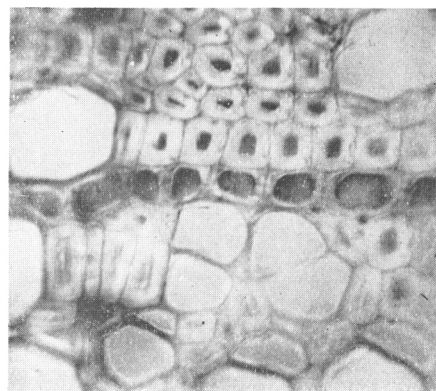
D



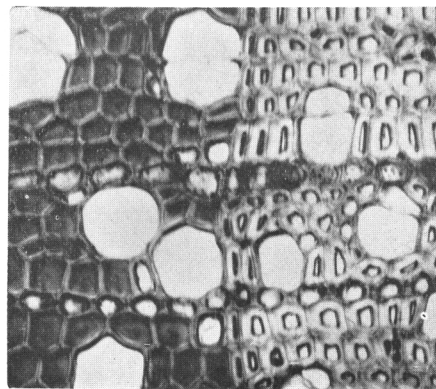
E



F



G



このてがしは	<i>Thuja orientalis</i> L.
ひ の き	<i>Chamaecyparis obtusa</i> Sieb. et Zucc.

等ヲ選ビ、潤葉樹ニ於テハ

やまはんのき	<i>Alnus japonica</i> , var. <i>glabra</i> Call.
ぶ な の き	<i>Fagus crenata</i> Blume
く り	<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.
あ べ ま き	<i>Quercus variabilis</i> Blume
ゆ り の き	<i>Liriodendron tulipifera</i> L.
すずかけのき	<i>Platanus orientalis</i> L.
か ま つ か	<i>Photinia laevis</i> DC.
てうせんひめつけ	<i>Buxus koreana</i> Nakai
な な め の き	<i>Ilex Oldhami</i> Miq.
うりはだかへで	<i>Acer rufinervis</i> Sieb. et Zucc.
た う か へ で	<i>Acer trifidum</i> Hook. et Arn.
ほそばあおだも	<i>Fraxinus Sieboldiana</i> , var. <i>angustata</i> Blume
は し ど い	<i>Syringa amurensis</i> , var. <i>japonica</i> Franch. et Sav.

等ヲ用ヒタ。

之等ノ樹種ニ於テ生長偏倚スル側ニ現レル材ハ、針葉樹ニテハ何レモ特有ノ赤褐色ヲ呈スルガ故ニ、細胞層10層以上ニモナレバ廓大鏡ニテ十分識別サレルガ、更ニ正確ニハ鏡下ニ其ノ假導管ニ就キ、其ノ膜ガ著シク肥厚シテ螺旋狀隙紋¹⁾ヲ有セル事、木化度高ク**フロログルチン**鹽酸反應ニヨリ二次層ガ一次層ト殆ト同程度ニ赤變スル事、横斷面圓形トナリ、細胞間隙ヲ生ゼル事等ノ特徴ニヨツテ判定サレル(第2圖)。潤葉樹ノ場合ハ樹種ニヨツテ一様デナイガ、多クハ正常ノ材ニ比シ光ノ透過度ヲ異ニスル爲、反射光ニテ闇ク、透過光ニテ明ルク見ヘ、導管ノ發達不良ニシテ纖維ノ率ニ富ミ、其ノ膜ハ木化度低ク**クロールチン**沃度反應ニテ紫色ヲ呈シ、特ニ *Alnus*, *Fagus*, *Castanea*, *Quercus*, *Platanus*, *Acer* 等ノ如キハ纖維ノ膜異常ニ肥厚シ、所謂膠質層(*Gallertschicht*)ヲ生ゼル

1) 此ノ隙紋ト言フノハ二次ノ肥厚層ニ螺旋狀ニ走ル細微ナル隙溝ノ存スル爲ニ見エルモノデ、乾燥ニヨツテ生ズル膜ノ裂隙トハ異ナリ、又 *Taxus*, *Torreya*, *Pseudotsuga* 等ニアル三次的ノ螺旋狀肥厚トモ勿論相違シ、スベテノ針葉樹ヲ通ジテ**アテ**ノ假導管ニ特徴的ニ現レル構造デアロ。

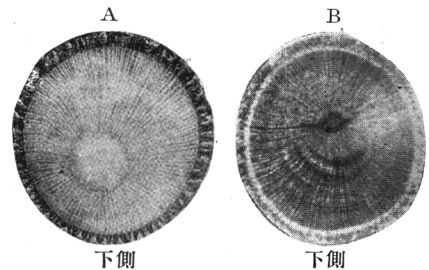
ガ故ニ容易ニ鑑別スル事が出来ル¹⁾(第3圖)。只 Liliodendron デハ稍々趣ヲ異ニシ、生長偏倚スル側ノ細胞膜却ツテ薄ク、全然膠質化セズ、且其ノ靱皮部ハ材部ト同様ニ著シク生長偏倚シテ靱皮纖維ヲ發達スル²⁾(第4圖A)。又 Buxus ニ於テハ針葉樹ノ如ク、偏倚側ノ材ガ赤褐色ヲ帶ビ、木化度ガ高イ(第4圖B)。斯ノ如ク偏心生長ニ伴ツテ生ズル組織ノ異常ハ樹種ニヨツテ可ナリ異ナルモノデアアルガ、此ノ詳細ニ就テハ別報ニ取扱フ筈デアアルカラコニハ省略スル。尙緒言ニテ述べタ様ニ此ノ異常ノ組織ハ硬度、比重、諸種ノ強度、膨潤率其ノ他ノ性質ニ於テモ正常ノ材ト異ナル點多ク、元來**アテ**ハ木工業者ニヨツテカ、ル工藝的性質ノ相違スルトコロヨリ區別サレタモノデアアルガ、實際上ノ判定ニハ寧ロ前掲ノ如キ解剖所見ニヨル方ガ的確デアアル。

アテハ針葉樹ノ場合ソノ特徴アル色ニヨツテ歐米ニテハ Roth- 又ハ Rotholz (6.20), Bois rouge (38), Redwood (14) (邦譯シテ赤材) トシテ知ラレ、又其ノ質ガ硬イトコロヨリ Aichiges- 或ハ Aeschigesholz (59), Glassy wood (31) 等ノ名ガアリ、之ガ壓力側ニ生ズルノ故ヲ以テ Druckholz (27), Compression wood (31) トモ呼バレ、或ハ單ニ Differenzirtes Holz (20), Tennar (31) 等ト記セルモノモアル。潤葉樹ニ對シテハ Jaccard (27) ガ Zugholz, Engler (12) ガ Geotrophes Holz ト稱セル他、Hartmann (23) ハ別ニ Reaktionsholz ナル語ヲ設ケテ針葉樹及ビ潤葉樹ノ兩者ノ場合ヲ一括シテ居ル。邦語ノ**アテ**ナル語モ亦兩樹種ニ共通ニ用ヒラレテ居ルモノデアアルガ、普通潤葉樹ニ於ケル**アテ**ノ存在ハあまり注意サレテ居ラヌ様デアアル。併シ兎モ角コニハ此ノ語ヲ以テ針葉樹並ビニ潤葉樹ヲ通ジ偏心生長ニ際シテ生長偏倚スル側ニ生ズル、上述ノ如キ特殊ノ異常ノ認メラレル材部ヲ指ス事トシテ居ル。

第二節 實驗結果

此ノ實驗ハ上記ノ各樹種ニ就キ、多數ノ材料ニヨツテ數生長期ニ互リ繰返シ行ツタモノデアアルガ

- 1) 膠質層ノ存在ハ潤葉樹ニ於ケル**アテ**ノ特徴ト見ラレルモノデアアルガ、其ノ形成ノ狀態ハ樹種ニヨツテ成層ノ明瞭ナモノヨリ極メテ不明瞭ナモノ迄種々ノ型ガアル。而シテ此ノ層ハ膨潤ニ際シ著シク膨脹シ、乾燥スレバ甚ダシク收縮シ、成層ノ明カナモノハ其ノ層ニ沿ヒテ剝離シ易イ。其ノルハ全然リ**ゲニン**反應ヲ呈セズ、主トシテ Hemizellulose 或ハ Zellulose ヨリナルト言ハレテ居質 (40. 27)。
- 2) 此ノ型ノ異常ハ Tilia ノ例ニテ知ラレテ居ルモノデアアル (27)。



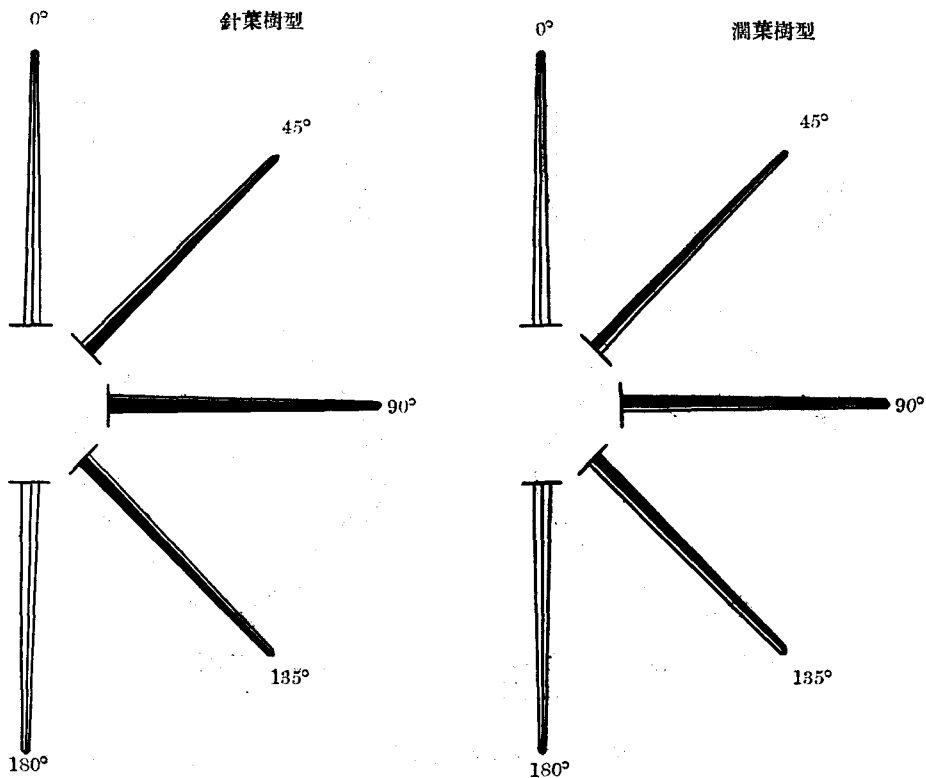
第4圖 A (ゆりのきニ現レタル偏心生長。×3。
靱皮部ニモ生長偏倚ノ生ズルヲ示ス。
B てうせんひめつげニ現レタル偏心生長。×7。
下側ニ生長偏倚シ、且其ノ側ノ材部ガ赤褐色ヲ呈スルヲ示ス。

結果ハ各々ノ場合ニ於テ常ニ整一デアツタ。而シテ其ノ結果ニヨルト生長偏倚スル側ノ關係ハ全部ノ針葉樹ト闊葉樹中 *Pinus* ニ於テ一致セル傾向ガアリ、他ノ闊葉樹ハ一括シテ反對ノ傾向ヲ示シテ居ル。又何レノ樹種ニアツテモ直向性ナル幹ト斜向性ナル側枝ノ間ニハ傾向上異ナル性質ガ認めラレル。故ニ以下記述ニ際シ便宜上此ノ傾向ニ從テ上記ノ樹種ヲ針葉樹型及ビ闊葉樹型ニ二大別シ、更ニ各々ヲ幹ト側枝ニ區別スル事トシ、一ノ樹種ニ互ルノ煩ハ避ケル。¹⁾

1. 幹ノ場合

此ノ内ひのき、つが、ぶなのき、くり等ノ如ク梢端ニテ傾下スルモノハ其ノ部分ニテ後述スル如ク、一般ノ直向性ノ幹ト異ナル性質ガアルカラココニハ含メナイ。供試材料ハナルベク傾斜屈曲スル事ナク、正常ニ發育セルモノヲ選ンダノ言フ迄モナイ。而シテ大イサニハ別ニ制限シナカツタガ取扱ノ都合上多クハ高サ 50 cm 乃至 2 m 位ノモノヲ用ヒタ。

A. 軸ヲ傾斜セル場合



第 5 圖 幹ノ傾斜ニヨル偏心生長ヲ示ス模型圖。黒キ部分が生長偏倚スル側。

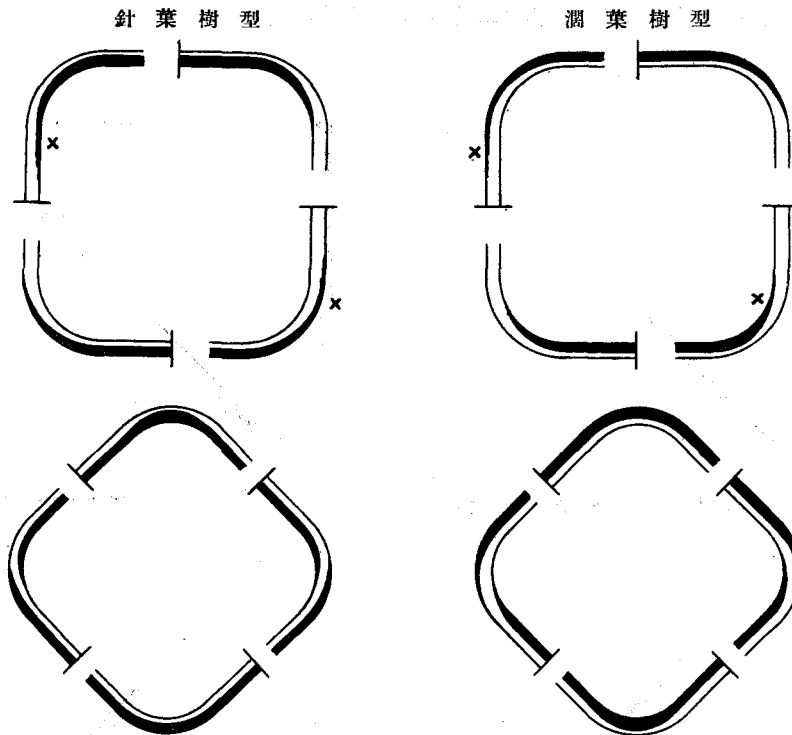
1) 此ノ内針葉樹ノ場合ノ一部ニ就テハ既ニ昭和 10 年林學會ニ豫報的ニ報告シテオイタガ (48)、尙一二補正ヲ要スル點ガアリ、且闊葉樹型ト對照ノ便宜上ココニ再録スル。

幹ヲ傾斜スル際軸ノ彎曲セザル様支桿ヲ附シテ鉢ト共ニ傾斜シ、重力方向ニ對シテ種々ノ角度ヲ保タシメタノニ、針葉樹型デハ下側ニ生長偏倚シ、潤葉樹型デハ上側ニ生長偏倚ヲ來ス。此ノ關係ヲ模型的ニ示セバ第5圖ノ如クナリ、偏倚ハ軸ノ傾斜スルト共ニ現レ、水平ノ附近ニ於テ最モ著シイ。此ノ際若シ支桿ヲ以テ軸ヲ固定シナイ時ハ次第ニ先端ヨリ屈地性ヲ現シテ上向シ、軸ガ垂直ノ位置ヲ恢復スルニ至レバ偏倚モ現レナクナル。アテノ形成亦之ニ從フ。而シテ傾斜方向ノ方位ニ就テハ別ニ見ラル、程ノ關係ハナイ。

B. 軸ヲ彎曲セル場合

a. 垂直面内ニテ彎曲セル場合

之ヲハケノ基本型ニ分チ、其ノ結果ヲ模型的ニ示スト第6圖ノ如クナル。此ノ場合彎曲部ハ横斷



第6圖 幹ヲ垂直面内ニテ彎曲セル場合ノ偏心生長ヲ示ス模型圖。
黒キ部分ハ生長偏倚スル側ヲ現ス。

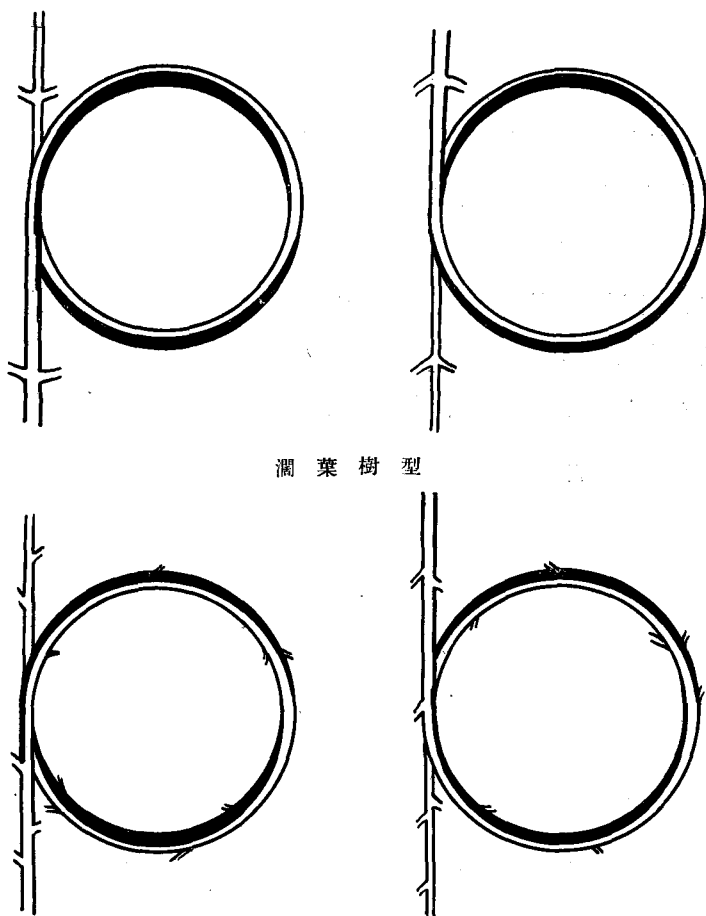
面毎ニ軸ノ重力方向ニ對スル傾角ヲ異ニスルモノデ、肥大生長ノ偏倚モ亦各横斷面ノ傾斜ノ關係ニヨツテ相違セルノガ認メラレル。併シ強ク彎曲サレタル部分デハ針葉樹型、潤葉樹型共ニソノ凹側ニ生長偏倚スル傾向ヲ現シ、時トシテ之ハ傾斜ノ關係ニヨル偏倚ノ傾向ヲ凌駕スル。此ノ場合ノ如ク機械的ニ彎曲スル時ハ組織ニ損傷ヲ來シ易ク、爲ニ癒傷組織ヲ形成シ、此ノ部ニ異常ノ肥大ヲ見ル

事モアルガ、彎曲ノ凹側ニ見ラレル特徴的ノ構造ハ生長ト共ニ長サノ方向ニ纖維ノ走行ガ波狀ニ屈曲シ、材ハ波狀材 (Wellenholz) トナル事デアル。併シ乍ラアテノ形成ハ決シテカ、ル彎曲ノ側ニ關係ナク、常ニ前項ト同様ニ傾斜ニ從テ現レ、只ソノ形成側ガ彎曲ノ凹側ニ一致セル時ハ其ノ程度ニ於テ量的ニ増加シ、凸側ニ當ル時ハ制限サレル。尙此ノ際注目サレルノハ或ル横断面ニ於テアテヲ形成セル場合、之ニ隣接スル基ノ方ノ横断面ニ於テモ、假令ソノ部ガ直立シ、或ハ更ニ傾斜方向ガ反對トナレル場合ニアツテモ或ル距離迄ハ同側ニ沿ヒテアテノ形成ガ認メラレル事デアル (第6圖×部)。

針葉樹型

今一ケノ幹ヲ以テ垂直面内ニ輪狀ニ彎曲スル時ハ上記八ケノ基本型ヲ順次連結セル形トナルガ、偏心生長及ビアテノ形成モ亦第7圖ニ示ス如ク順次各型ノ傾向ヲ連ネタルモノニ相當シ、横断面毎ニ生長ノ偏倚スル側及ビ程度ヲ變化シテ居ル。其ノ他此ノ基本型ヲ一垂直面内ニテ種々ニ組合ハス時ハ様々ノ彎曲形ガ得ラレルガ、其ノ際現レル偏心生長ハ何レモ上記ト同様各基本型ノ示ス傾向ヲ連結セルニ等シイ。

闊葉樹型



第7圖 幹ヲ垂直面内ニテ輪狀ニ彎曲セル場合ノ偏心生長ヲ示ス模型圖。
線ノ太キ部分ハ生長偏倚スル側ト其ノ程度ヲ現シ、軸ノ方向ハ側枝ノ分岐狀態ニテ示ス。

b. 水平面内ニテ

彎曲セル場合

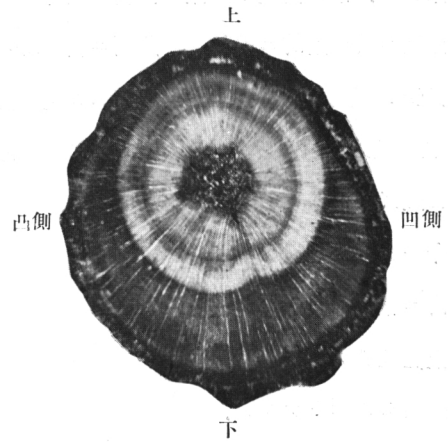
此ノ場合彎曲ノ各部ニ

於テ軸ノ重力方向ニ對スル傾角ハ異ナル事ナク、彎曲ノ凹側ハ常ニ水平ノ方向ニアリ、重力方向ト彎曲方向ハ直角ヲナス。而シテ其ノ各横断面ニ現レル肥大生長ハ彎曲ノ特ニ強イ時ニハ前項ト同様

ソノ凹側ニ偏倚シ波狀材ノ形成ヲ見ルガ、普通傾斜ノ關係ニヨル偏倚ノ傾向ノ方が著シク、生長ノ最大ナル側ハ僅ニ斜凹側ニ偏ルカ或ハ全ク重力ノ方向ニ從フ。アテノ形成側ハ少クトモ初期ニ於テハ常ニ正シキ上側或ハ下側ニアルモノデ、只長期ニ互ル實驗ノ後注意シテ檢スル時ハ第8圖ニ示ス如ク次第ニ針葉樹型ニテハ凹側ニ、濶葉樹型ニテハ凸側ニ移動セル傾向ガ認メラレル。而シテ此ノ際初期ニ生ゼルアテハ幾分之ト反對ノ側ニ轉ジテ居ル。

c. 傾斜面内ニテ彎曲セル場合

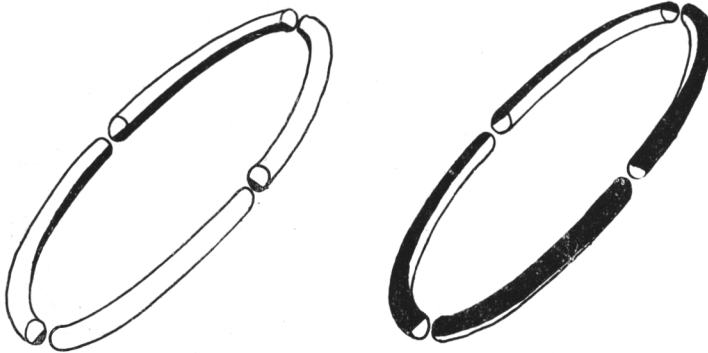
軸ヲ或ル傾斜面内ニテ彎曲スル時ハ彎曲各部ノ横斷面ニ於テ傾斜ノ關係ヲ異ニシ、且重力方向ト彎曲方向トノナス角度モ相違スル。今此ノ中 45° ノ傾斜面内ニテ輪狀ニ彎曲セル例ヲトツテ其ノ偏心生長ノ傾向ヲ模型的ニ示スト第9圖ノ如クナル。之ハ前ノ垂直面及ビ水平面内ニ於テ彎曲セル場合



第8圖 あかまつノ幹ヲ水平面内ニテ彎曲セル場合ノ偏心生長ノ例。 $\times 6$ 。
初期ノ生長偏倚側ハ凸下側ニ認メラレ、次第ニ下側ヲ經テ凹下側ニ偏倚側ノ移動セルヲ見ル。

針葉樹型

濶葉樹型



第9圖 幹ヲ 45° ノ傾斜面内ニテ彎曲セル場合ノ偏心生長ヲ示ス模型圖。黒キ部分が生長偏倚スル側。
(但シ之ハ長期ノ實驗結果ヲ現スモノニシテ、初期ノ偏倚側ハ常ニ正シキ下側ニアル。)

ノ中間型ニ當ルト見ラレ、長期ニ互ル實驗ニ於テ偏倚側ガ彎曲ノ凹側或ハ凸側ニ移動シ來ルハ前ノ場合ト同様デアル。

以上ノ幹ノ場合ニ於ケル實驗結果ヲ要約スルト次ノ如ク言ヘル。

1. 重力方向ニ對シ軸ガ傾斜スル時、肥大生長ハ下

側(針葉樹型)或ハ上側(濶葉樹型)ニ偏倚シ、偏倚側ニ生ズル材ハアテトナル。而シテ其ノ偏倚ノ程度ハ傾斜角ノ關係シ、水平ノ附近ニ於テ最モ著シク、傾斜方向ノ方位ノ關係ハ認メラレナイ。

2. 軸ヲ強ク彎曲セル場合、針葉樹型ニテモ濶葉樹型ニテモ共ニ凹側ニ生長偏倚スル傾向ガアリ、

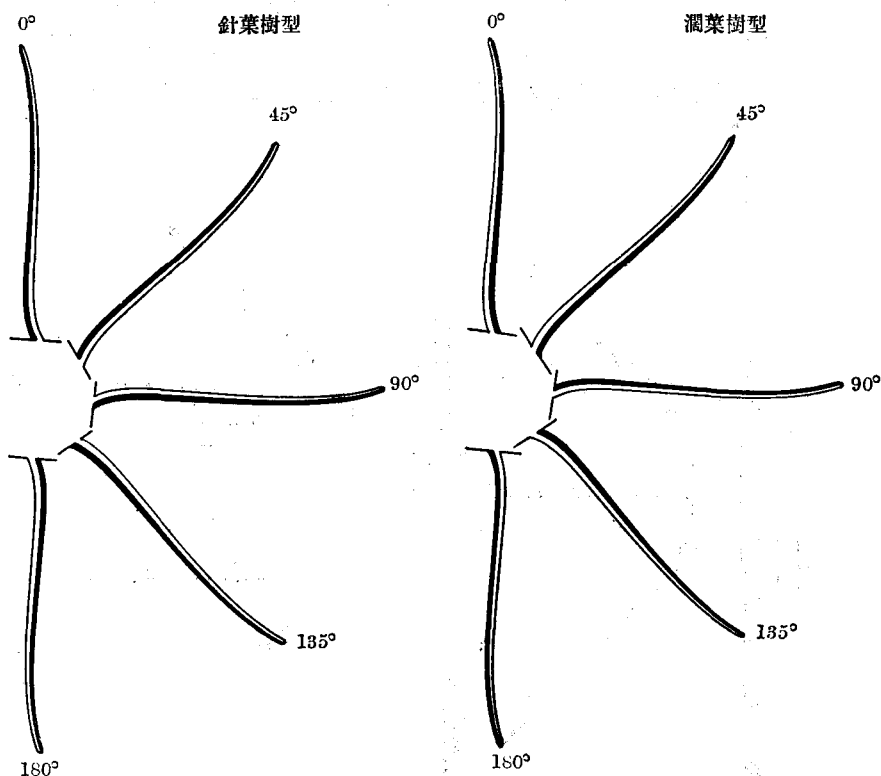
此ノ場合偏倚側ニ生ズル組織ニハ生長ト共ニ次第ニ縦ノ方向ニ波狀ノ屈曲ガ現レル。

3. 第1項ニヨル生長偏倚ノ程度ハ第2項ノ偏倚ノ傾向ニヨツテ影響サレ、其ノ偏倚方向ガ一致スル時ハ著シクナリ、反對ナル時ハ制限サレル。併シ乍ラアテヲ形成スル側ハ彎曲ノ側ニ關係スルモノデナク、常ニ傾斜ノ關係ニヨツテ定マル。只彎曲方向ト傾斜方向ガ或ル角度ヲナシテ交ル場合、アテノ形成側ハ幾分横側ニ移ル事ガアルガ、此ノ際ニハ針葉樹型デハ彎曲ノ凹側ニ向フモ、闊葉樹型デハ却ツテ凸側ニ移動スル傾向ヲトルモノデアルカラ、之ヲ第2項ノ彎曲ノ直接ノ影響ト見ル事ハ出来ナイ。

4. 偏心生長及ビアテノ形成ハ各横斷面ニ於テ獨立ニ上記ノ關係ニヨツテ現レルガ、或ル横斷面ニ於ケル偏倚ノ傾向ハ若干ノ距離迄基部ノ方ノ隣接横斷面ノ偏倚ニ影響スル。

2. 側枝ノ場合

側枝ノ自然ニ於ケル傾斜角ハ勿論樹種ニヨリ年齡ニヨリ、或ハ樹冠内ニ於ケル位置等ノ關係ニヨツテ相違スルモノデ、極メテ動的ノモノデアルガ、ココニハナルベク通直、且正常ニ發育シ、生長ノ衰ヘザル若



第10圖 側枝ノ母幹トナス角度ヲ變化スル事ナク、ソノ傾斜角ヲ變化セル場合ノ偏心生長ヲ示ス半模型圖。
太キ線ガ生長偏倚スル側、母幹ノ方向ハ側枝ノ分岐角ニテ現ス。

イ) 第1次側枝ニシテ、同様ノ條件ノ下ニアリ、略々平均ノ傾斜角ヲ有セルモノヲ選ンデ材料トシタ。

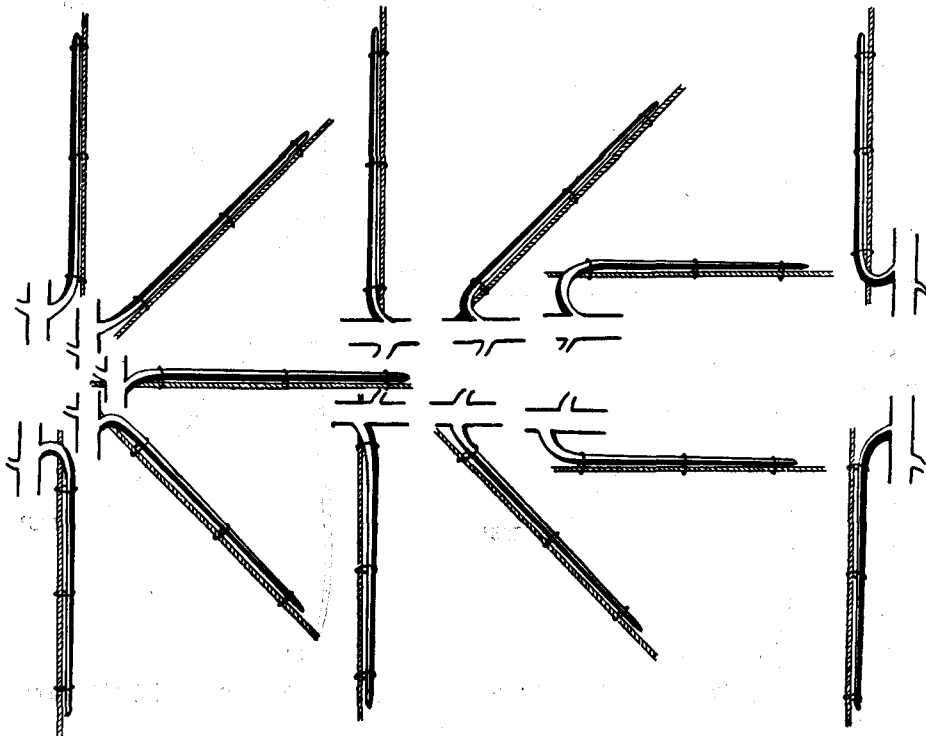
1) 之ハ凡ソ 45°—90°ノ間ニアルガ、第10—21圖ノ模型圖ハスベテ原ノ傾斜角 70°附近ナル場合ニ就テ示シタ。

A. 軸ノ傾斜角ヲ變化セル場合

a. 母幹トナス角度ヲ變化セザル場合

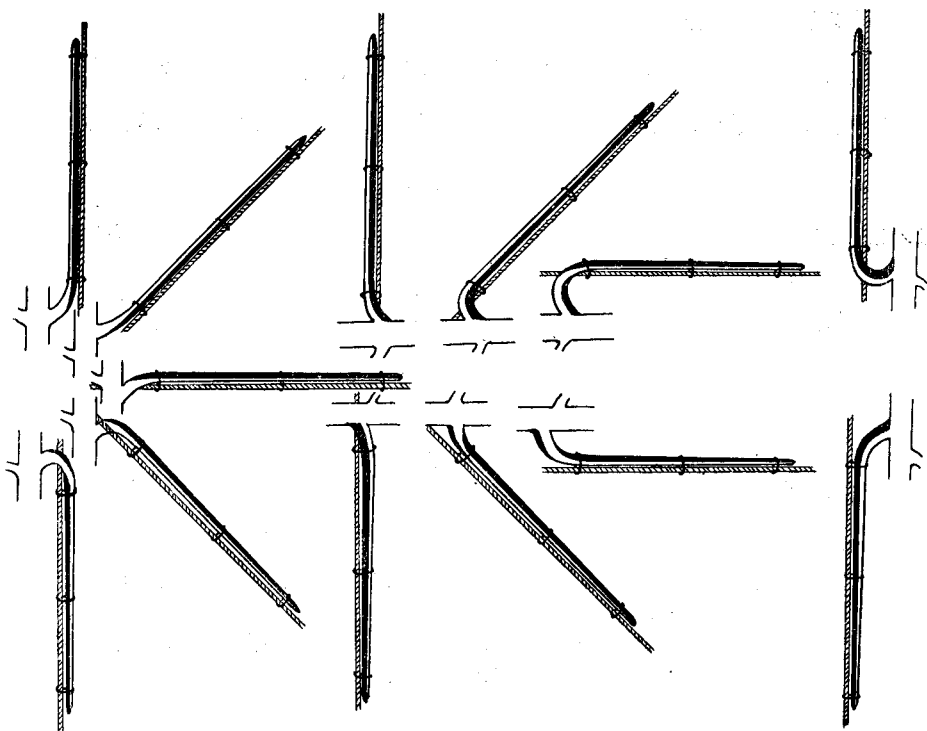
之ハ支桿ヲ以テ枝ノ母幹トナス角度ヲ固定シ、母幹ヲ含ム垂直面内ニ於テ、母幹ト共ニ傾斜シ、枝ノ重力方向ニ對スル傾斜角ヲ變化セシメタ場合デアル。コヽニ枝ノ傾斜角ヲアラハスニ第 10 圖上ニ記セル如ク垂直上向ヲ 0° 、垂直下向ヲ 180° トシ、又枝ノ側ヲ區別スル爲ニ形態の上側、即チ第一次則枝ニテハ幹ニ對スル側ヲ背側、其ノ反對側ヲ腹側ト呼び、物理的ノ重力方向ニヨル上下ノ側トノ混同ヲ避ケル事トスル。

側枝ハ自然ノ位置ニ於テ普通幹ト同様針葉樹型ノモノハ下側ニ、闊葉樹型ノモノハ上側ニ生長偏倚シ、且ソノ側ニアテ¹⁾ヲ形成スルガ、偏倚ノ程度ハ幹ガ同様ノ傾斜角ニ迄傾斜セル場合ニ於ケル程著シイモノデナク、又時トシテ横側、或ハ上記ト反對ノ方向ニ偏倚セル例ニ遭遇スル事サヘアル。併シ實驗ノ結果デハ一致シテ第 10 圖ニ示ス如キ傾向ヲトリ、自然ノ位置ヨリ稍々上向セルトコロニ於テ偏倚ノ方向一度反轉シ、其ノ儘垂直上向位即チ 0° ノ位置ニ向ツテ偏倚ノ程度ヲ増加スル。又自然位ヨリ下向スル時ハ水平ノ附近迄偏倚ノ程度増加シ、更ニ下向スレバ再び減少シテ、垂直下



第 11 圖 側枝ヲ基部ヨリ彎曲シテ傾斜角ヲ變化セル場合ノ偏心生長ヲ示ス半模型圖（針葉樹型）。
太キ線ガ生長偏倚スル側、母幹ノ方向ハ側枝ノ分岐角ニテ現ス。

1) 自然ニ於テ側枝ノ基部ハ針葉樹型、闊葉樹型共ニ下側ニ生長偏倚シテ居ルガ、闊葉樹デハ此ノ側ニアテノ形成ヲ伴ヘルモノデハナイ。



第 12 圖 側枝ヲ基部ヨリ彎曲シテ傾斜角ヲ變化セル場合ノ偏心生長ヲ示ス半模
型圖（潤葉樹型）。

太キ線が生長偏倚スル側、母幹ノ方向ハ側枝ノ分岐角ニテ現ス。

向位即チ 180° ノ位置ニ至ル迄ニ一度偏倚側ノ關係反對トナル。斯ノ如ク水平位ノ上及ビ下ニニケ
ノ偏倚側ノ轉向スル位置ガアルガ、兩者ハ水平ニ對シテ必ズシモ相稱ヲナスト言フワケデハナイ。

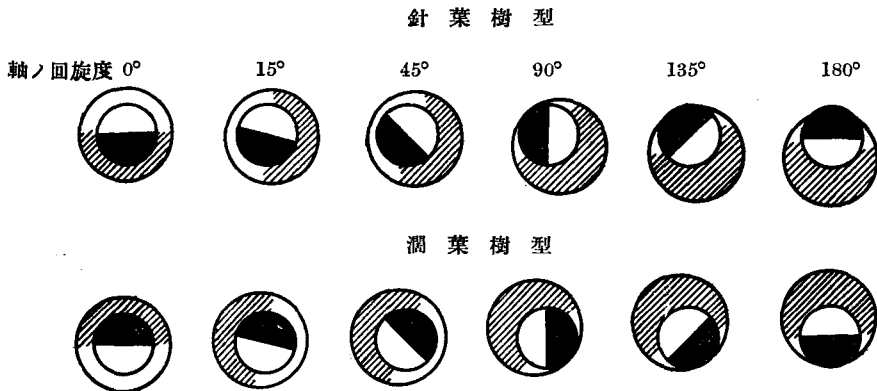
b. 母幹トナス角度ヲ變化セル場合

之ハ枝ヲ基部ニテ彎曲シ、母幹トナス角度ヲ變化スルト共ニ重力方向ニ對スル傾斜角ヲ變化セル
場合デアアル。此ノ際母幹ヲモ傾斜シテ種々ノ方向ヲトラシメテ見タガ結果ハスベテ同様、第 11. 12
圖ニ示ス如ク、夫々ノ軸ノ傾斜位ニ於テ針葉樹型、潤葉樹型共ニ前項ノ結果ニ一致シテ居ル。此ノ
事實ハ枝ニ現レル偏心生長ガ重力方向ニ對スル傾斜角ニ關係シ、母幹トナス角度ニ關係セザル事ヲ
物語ルモノト見ラレ、枝ヲ原位置ニ保ツ時ハ、母幹ヲ傾斜シテ枝トナス角度ヲ變化スルモ枝ノ偏心
生長ノ傾向ニハ變化ヲ來サナイ事ヲ示スモノデアアル。尤モ之等ノ實驗ハ長期ニ亙ル時ハ後ニ述ベル
如ク枝ト幹ノ生理的分化ニ變化ガ現レ偏心生長ノ傾向モ亦變化シ來ルモノデアアルガ、此處ニハスベ
テ實驗初期ノ結果ニ就テ述ベル事トスル。¹⁾

1) 潤葉樹ハ概シテ針葉樹ニ比シスカル變化ヲ起シ易ク、特ニ上向セル場合速カニ幹ノ型式ニ移ルモ
ノが多い。

B. 軸ヲ回旋セル場合

側枝ヲ自然位ニ於ケル傾斜角ニ保チ、ソノ軸ヲ中心トシテ、幹ト共ニ回旋セル場合、枝ノ背腹側ハ上下側ト一致セザル様ニナル。此ノ際肥大生長ハ第 13 圖ニ模型的ニ示ス如キ關係ヲ以テ偏倚ヲ



第 13 圖 側枝ヲ自然位ニ於ケル傾斜角ニ保チ、其ノ軸ヲ回旋セル場合ニ生ズル偏心生長ヲ示ス模型圖。
黒キ部分ハ針葉樹型ニテ腹側、闊葉樹型ニテハ背側ヲ示シ、斜線ハ生長偏倚スル側ト其ノ程度ヲ現ス。

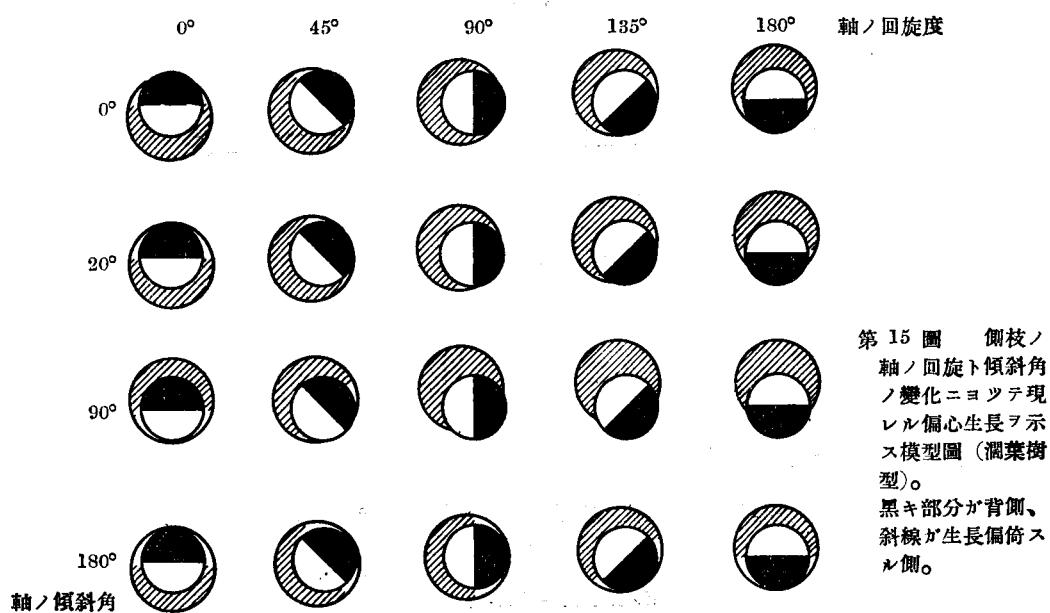
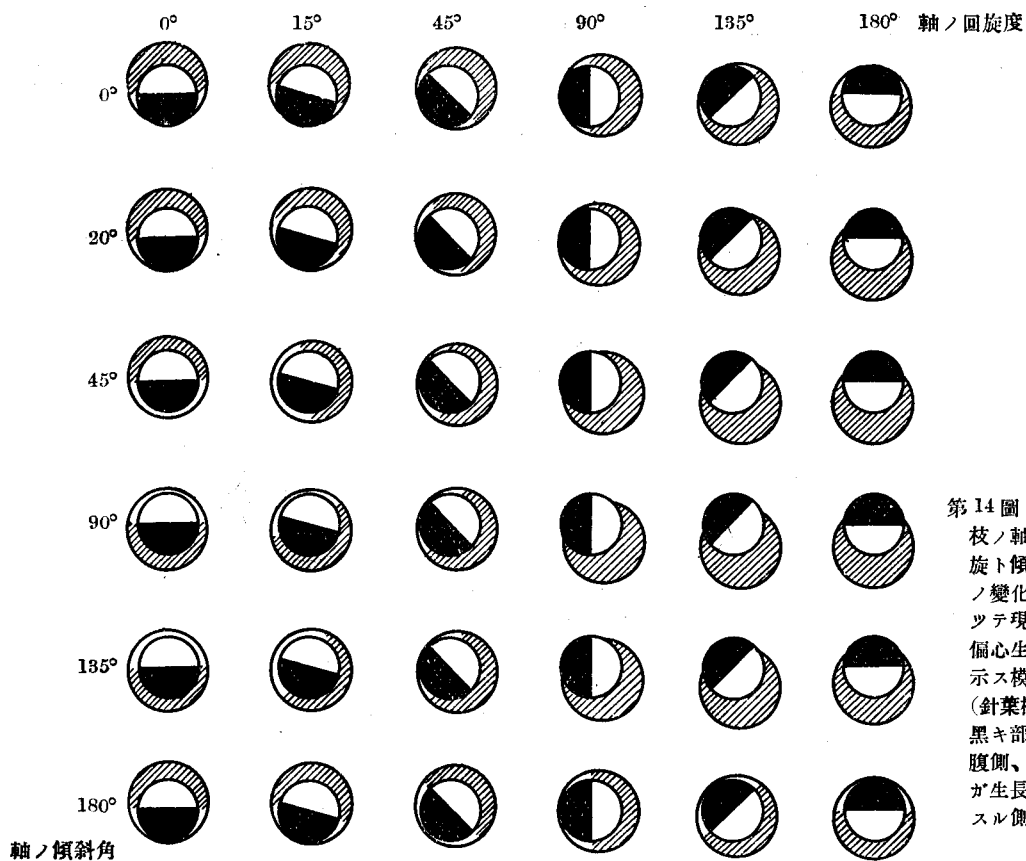
現シ、且偏倚側ニアテノ形成ヲ伴フ。之ハ又枝ヲ機械的ニ振りテ背腹側ヲ上下側ヨリ動カス時ニモ各横断面ノ回旋度ニ應ジテ同様ノ結果ガ得ラレル。

C. 軸ヲ回旋シ、且傾斜角ヲ變化セル場合

上述ノ實驗ニヨリ側枝ハ傾斜角ヲ變化セル際ニモ、又軸ヲ回旋セル場合ニモ共ニアテノ形成ヲ伴フ偏心生長ノ現レルノガ見ラレタガ、然ラバ此ノ兩者ガ同一ノ横断面ニ同時ニ關係スル時ハ如何ナル傾向ノ偏倚ヲ生ズルモノデアラウカ。之ニハ傾斜角ト回旋度ノ組合セニヨリ無數ノ場合ガアルワケデアルガ、代表的ニ傾斜角 0°, 20°, 45°, 90°, 135°, 180° ニ於テ回旋度ヲ夫々 0°, 15°, 45°, 90°, 135°, 180° トシテ實驗ヲ行ツテ見タノニ、其ノ結果ハ第 14 圖及ビ第 15 圖ニ模型的ニ示ス如クデアル。

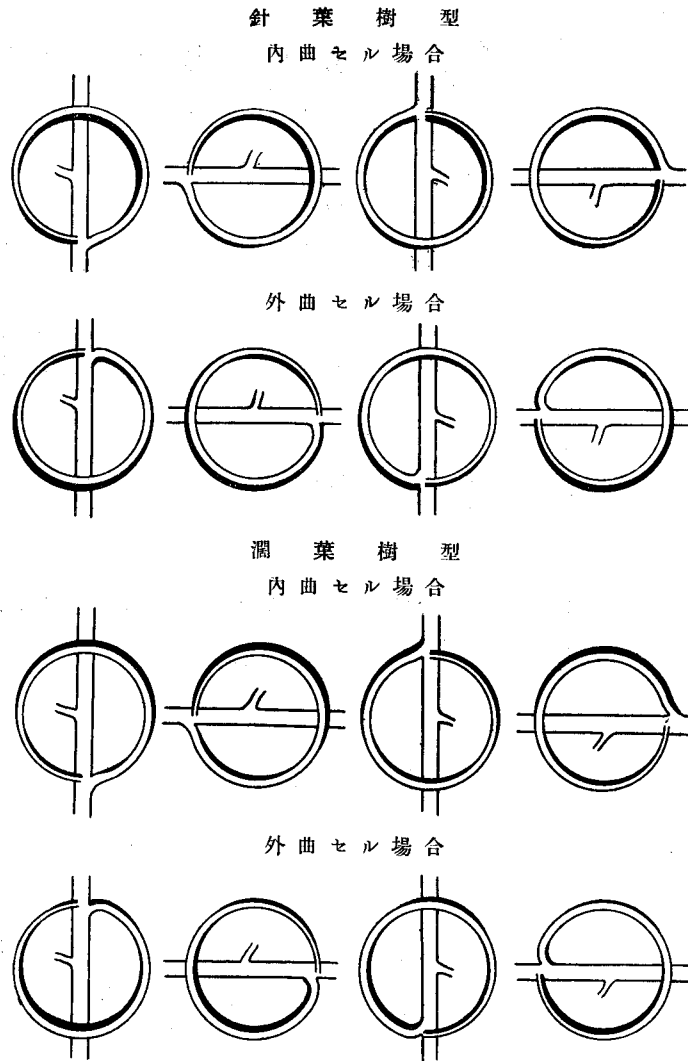
D. 軸ヲ輪狀ニ彎曲セル場合

幹ノ場合ノ實驗ニ於テ軸ヲ緩カニ輪狀ニ彎曲セル時、横断面毎ニ偏心生長ノ傾向ノ變化スル狀態ガ順次追跡サレタガ、枝ニ於テモ彎曲各部ノ偏心傾向ヲ明カニスル爲ニ種々ノ方向ニ軸ヲ彎曲シテ見タ。コ、ニ其ノ彎曲ノ方向ヲ背側ガ凹側トナル場合ヲ内曲、凸側トナル場合ヲ外曲、横側ガ凹側トナル場合ヲ横曲トシテ區別スル事トスル。此ノ實驗ニ際シ、枝ニハ既ニアテヲ含ムモノガ多イ爲、之ガ彎曲ニ抵抗シ、特ニ外曲、横曲ノ場合等軸ニ振レヲ來シ易ク、結果ヲ混亂スル虞レガアルカヲ注意スル必要ガアル。



a. 垂直面内ニテ内曲又ハ外曲セル場合

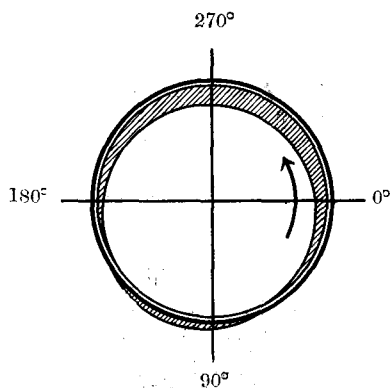
之ヲ第 16 圖ニ示ス如ク母幹ヲ種々ノ方向ニ傾斜シテ行ツテ見タガ、結果ハ何レモ同様、各横斷面ニ於ケル軸ノ傾斜ト回旋ノ關係ニ從テ生長偏倚シ、内曲タルト外曲タルトヲ問ハズ同位相ニ於ケル偏心傾向ハスベテ相重ネラレ、結局第 17 圖ノ模型圖ニ示ス傾向ニ歸着スル。而シテ、此ノ形ハ第 14 圖及ビ第 15 圖中ノ回旋度 0° 及ビ 180° ノ場合ニ於ケル各傾斜位ノ偏心傾向ヲ順次連ネタルモノニ等シイ。



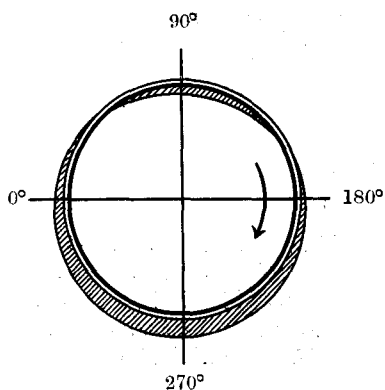
第 16 圖 側枝ヲ垂直面内ニテ輪狀ニ彎曲セル場合ノ偏心生長ヲ示ス半模型圖。
太キ線が生長偏倚スル側、母幹ノ方向ハ側枝ノ分岐角ニテ現ス。

針葉樹型

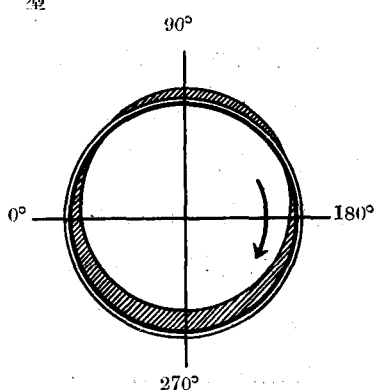
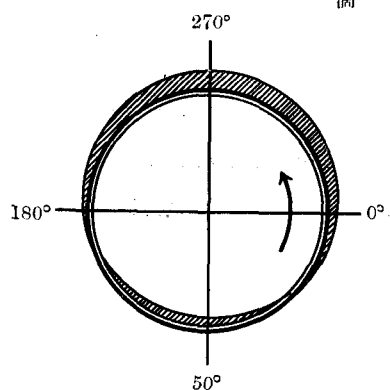
内曲セル場合



外曲セル場合



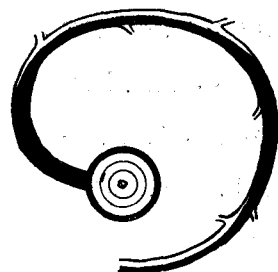
闊葉樹型



第 17 圖 側枝ヲ垂直面内ニテ輪狀ニ彎曲セル場合ノ偏心生長ヲ示ス模型圖。
矢ノ方向ハ軸ノ彎曲方向、角度ハ軸ノ傾斜角、太キ線ハ腹側、斜
線ハ生長偏倚スル側及ビ其ノ程度ヲ現ス。

b. 垂直面内ニテ横曲セル場合

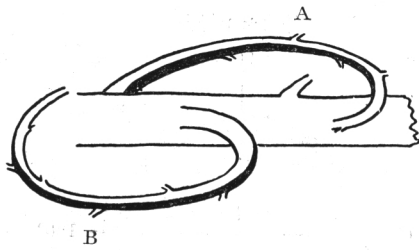
之ハ枝ノ軸ヲ 90° 回旋シ、ソノ垂直面内ニテ横曲セルモノデ、
各横断面ニ於テ回旋度ハ變ラナイガ傾斜角ハ相違スル。而シテ
此ノ場合ニ現レル偏心生長ハ第 18 圖ニ示ス如ク、各横断面ニ
於ケル傾斜ト回旋ノ關係ニヨツテ第 14 圖中ニ求メラレト同
ジ傾向ヲトルモノデアル。



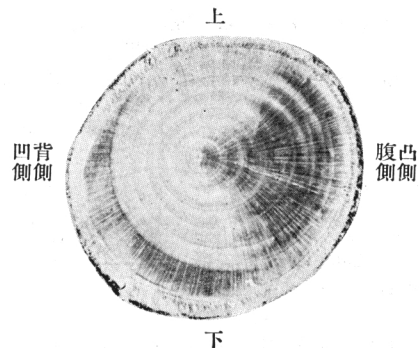
c. 水平面内ニテ内曲又ハ外曲セル場合

之ハ前項ト同様軸ヲ 90° 回旋セル状態ニテ、水平面内ニ彎曲
セルモノデ、内曲外曲共ニ各横断面ニ於テ傾斜角並ビニ回旋度
ヲ異ニスル事ナク、偏心傾向ハ何レモ第 19 圖及ビ第 20 圖ニ

第 18 圖 側枝ヲ垂直面内ニ
テ横曲セル場合ノ偏心生
長ヲ示ス半模型圖 (針葉
樹型)。圖ハ側枝ノ背面ヨ
リ見タルモノトス、黒キ
部分が生長偏倚スル側。



第 19 圖 側枝ヲ水平面内ニテ内曲及ビ外曲セル場合ノ偏心生長ヲ示ス半模型圖(針葉樹型)。圖中Aハ内曲、Bハ外曲セル場合、黒キ部分ハ生長偏倚スル側。

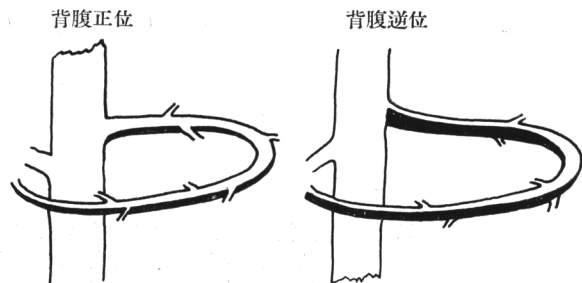


第 20 圖 ひのきノ側枝ヲ水平ニ於テ内曲セル場合(第19圖A)ノ偏心生長ノ例。×5 軸ヲ90°回旋セル形ニ相當スル。

示ス如クナル。

d. 水平面内ニテ横曲セル場合

此ノ場合ヲ更ニ分ケテハ軸ヲ回旋スル事ナク、一ハ 180° 回旋シテ實驗シタガ結果ハ第 21 圖ニ示ス如クデアル。此ノ中前者ノ場合特ニ針葉樹ニテ屢々凹側ニ偏倚側ガ偏ル例ガ認メラレタガ、之ハオソラク實驗ノ際極僅カ乍ラ軸ニ振レヲ生ゼル爲回旋ノ影響ノ現レタルモノト考ヘラレル。勿論 180° 回旋セル場合ニアツテモ同様ノ振レヲ生ジ易イワケデアルガ、此ノ附近ニ於テハ第14圖ノ上ニ見ラル、如ク、微小ノ振レデハ偏倚方向ニ夫程ノ影響ヲ及ボサザル爲認メラレナイモノデアラウ。



第 21 圖 水平面内ニテ側枝ヲ横曲セル場合ノ偏心生長ヲ示ス半模型圖(針葉樹型) 黒キ部分ハ生長偏倚スル側及ビ其ノ程度ヲ現ス。

e. 傾斜面内ニテ彎曲セル場合

之ニハ種々ノ傾斜面ニ對シ内曲、外曲及ビ横曲ノ多數ノ場合ガアルガ、何レモ各横断面ニ於テ軸ノ傾斜ト回旋ノ關係ニ從ヒ偏心生長ノ現レル事、前述ノ諸例ト同様デアル。

以上述ベタル如ク、側枝ノ偏心生長ニハ幹ノ場合ニ比較シテ其ノ傾向異ナルモノガアルガ、此ノ結果ヲ要約スルト次ノ如クナル。

1. 側枝ニ於テモ**アテ**ノ形成ヲ伴フ偏心生長ハ、重力方向ニ對スル軸ノ位置ノ關係ニヨツテ現レル。併シ之ニハ二ツノ場合ガ區別サレ、一ハ軸ノ重力方向ニ對スル傾斜ノ關係ニヨルモノデアリ、マ

ハ背腹側ノ重力方向ニ對スル位置ノ關係ニヨルモノデアル。

2. 軸ノ傾斜ノ關係ニヨツテ現レル肥大生長偏倚ノ方向ハ、水平ノ附近ニテハ幹ノ場合ト同様デアルガ、枝ガ自然ニ於テトル傾斜ノ位置ヨリ稍々上向セルトコロニ於テ、及ビ垂直下向ニ近イ斜下向ノ位置ニ於テ全ク反對ノ方向ニ轉ズル。併シ此ノ二ツノ偏倚側ノ轉向點、換言スレバ偏倚ノ現レザル位置ハ水平ニ對シテ互ニ相稱ヲナスモノデハナイ。而シテ偏倚ノ程度ハ此ノ轉向點ヨリ遠ザカルニ從テ増加スル。
3. 側枝ノ背腹側ノ重力方向ニ對スル位置ガ變化セル場合、即チ軸ヲ回旋セル場合ニ生ズル生長偏倚ノ方向ハ軸ノ回旋度ニ對シ直接比例的ニ定マルモノトハ言ヘナイガ、其ノ間或ル一定ノ關係ノ存スル事ハ認メラレル。
4. 同一横斷面ニテ前二項ノ關係ガ同時ニ現レル場合ニハ生長ノ偏倚スル方向及ビ程度ハ兩者ガ相關聯シテ定マルモノト見ラレル。

而シテ以上何レノ場合ニ於テモ、針葉樹型ト闊葉樹型ハ生長偏倚スル側ノ方向全ク對蹠的デアル。

5. 一ケノ枝ニアツテモ横斷面毎ニ軸ノ傾斜ト回旋ノ關係ニヨツテ獨立ニ偏心生長ガ現レル。併シ乍ラ若干ノ程度ニ於テ、近接セル横斷面ノ偏心傾向ノ影響ヲ受ケ、又強キ彎曲部ニテハソノ凹部ニ生長偏倚スル傾向ヲ示ス事幹ノ場合ト同様デアル。

1) 但シ自然ニ於テ古イ下枝等ノ如ク斜下向ニ垂下セルモノハ之ヲ水平ノ附近迄上向スルモ偏倚側ヲ轉向セズ、斜上向ノ或ル傾斜位迄上向スル時、初メテ偏倚方向ノ變化ガ現レル。

第三章 從來ノ學說ニ對スル批判

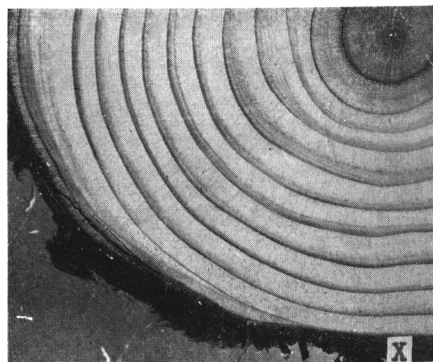
偏心生長ノ原因ニ關シ從來述ベラレタル說ハ第一章ニ略述セル如ク、頗ル多岐ニ互ルモノデアルガ、其ノ中主要ナルモノヲ大約スルト次ノ様ニ分ケラレル。

- (1). 榮養ノ偏リニヨルトスルモノ (榮養說)
- (2). 皮壓ノ差ニヨルトスルモノ (皮壓說)
- (3). 重力ノ刺戟ニヨルトスルモノ (重力說)
- (4). 機械的強度ノ要求ニ從フトスルモノ (機械的強固說)
- (5). 水分通導能力ノ要求ニ從フトスルモノ (水分通導說)
- (6). 形成層ニ於ケル縱壓ノ刺戟ニヨルトスルモノ (縱壓說)
- (7). 軸ノ生理的均衡位ニ對スル位置ノ關係ニ基クトスルモノ (均衡位說)

此ノ内 (3) 及ビ (6) ハ最モ廣ク引用サレテ居ル說デアリ、(7) ハ最近發表サレタ說デ最モ進歩的ノモノト見ラレル。今之等ノ諸說ガ前章ニ述ベタル著者ノ實驗結果ニ對シテ如何程ノ説明的價值ヲ有スルモノデアルカ、此處ニ一應ノ檢討ヲ加ヘテオキタイ。

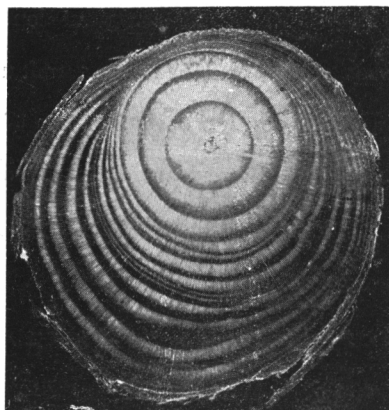
1. 榮 養 說

此ノ說ニハ養液ノ偏リガ軸ノ傾斜セル部分ニテ重力ノ作用ニヨリ全ク物理的ニ起リ、生長ノ偏倚ヲ原因スルトスル古典的ナ考ヘト、樹冠ノ偏リ、不等葉性等ノ如キ同化器官ノ不平均ナル發達ガ母軸ニ輪サル、養分ニ不等ヲ來シ、之ガ直接偏心生長ノ原因トナルト言フ思想ノ別ガアル。前者ニ就テハ生長偏倚スル側ハ必ズシモ下側ニ限ツテ居ルワケデハナイカラ今更吟味ノ必要モナイガ、後者ニ就テハ多少考慮ノ餘地ガアル。一般ニ樹幹ニ於ケル構成物質ノ移動ハ長軸ノ方向ニ最モ容易ナルモノデ、直立セル幹ヲ半周ニ互リ帶狀ニ剥皮スル時ハ第 22 圖ニ示ス如ク其ノ側ノ上下、特ニ基ノ方ニ向ツテ可ナリ遠ク迄肥大生長ガ制限サレル。又一本ノ主タル側枝ヲ殘シ、他ノ枝及ビ梢ノスベテヲ截去スル時、母幹ノ肥大生長ハ殘レル枝ノ存スル側ノミニ見ラレ、反對側ニハ或ル距離迄年輪ヲ缺成スルノガ見ラレル (第 23 圖)。カ、ル



第 22 圖 幹ノ半周ヲ帶狀ニ剥皮セル
すぎニテ剥皮側ノ下方ニ肥大生長
ノ缺除セル例 (X部)。×1.5
斷面ハ剥皮部ノ下方 5 cm ノ部
分。

關係ガ連續シテ同側ニ現レル時ハ樹幹ノ肥大生長ニ偏リヲ來スワケデアルガ、併シ之ニハ限度ガアリ、遠ク樹冠外ノ部分迄之ニヨツテ生長偏倚ヲ生ゼシムルトハ考ヘラレナイ。著者が嘗テ 20 年生前後ノひのきニ就テ樹冠ノ片側ヲ截去シ、2 生長期ノ後ソノ幹ノ肥大生長ヲ檢シテ見タノニ、上記ノ如キ一側ニ年輪ヲ缺成セルガ如キ例ハ全クナク、寧ロ殆ド處理ノ影響ハ認メラレナカツタと言ツテゴイ。又くろまつノ新芽條ニ就テ一側ノ針葉ノミヲ殘シ他ノ側ノ葉ヲ悉ク摘去シテ、1 生長期ノ後其ノ芽條ノ肥大生長ヲ測定シテ見タノニ何等偏倚ノ傾向ハ生ジテ居ナカツタ。故ニ樹冠ノ偏リ、不等葉性ノ如キハ特ニ同化物質ノ供給難ニ陷レル部分ニテ局部的ノ生長偏倚ヲ來ス場合ハアルトシテモ、前章ニ述ベタ様ナ重力方向ニ對スル位置ノ變化ニヨツテ起ル偏心生長ニ就テハ固ヨリ説明スベクモナイ。



第23圖 あかまつノ直立セル幹ニテ主タル側枝一本ノミヲ殘シ、他ノ枝及ビ梢ヲ截去セル場合ニ肥大生長ノ偏倚セル例。断面ハ枝下 8 cm ノ附近、枝ノ反對側ニハ年輪殆ンド缺成シ、カカル影響ハ 20 cm 以上ニ及ブ。

2. 皮 壓 説

此ノ説ハ既ニ述ベタ様ニ Krabbe (33) ニヨツテ實驗

的ニ否定サレタモノデアルガ、特殊ノ場合トシテ厚キ樹皮ヲ發達スル樹種ニ於テ、樹皮ノ龜裂部ニ沿ヒ材部ノ生長ガ著シクナリ、横斷面ハ從テ多角形トナルモノガアル。Nördlinger (1860) (47. S. 27) ハ之ヲ皮部ノ抵抗差ニヨルト解シテ居ルガ、此處ニハアテノ形成ヲ伴フモノデハナイ。アテノ形成ヲ伴フ偏心生長ニ對シ皮壓差ヲ以テ説明スベカラザルハ、側枝ガ軸ノ回旋ニ際シテ現ス偏心傾向ノ一例ヲトツテ見テモ明カナルトコロデアラウ。

3. 重 力 説

幹ニ於テ傾斜セル部分ニ限りアテノ形成ヲ伴フ偏心生長ガ現レルト言フ事ハ直チニ之ニ重力ノ影響アル事ヲ想到セシムルモノデアル。Hartig (20) ハ初メ Fichte ニ於ケルアテノ形成ニ關シ形成

1) 勿論生長ハ榮養ヲ條件トスルモノデアルガ榮養不良ナル下枝ノ如キヲ以テ實驗スルモ所期ノ結果ノ得ラレナイハ當然デアル。只此處ニ注意サレルノハ生長ノ衰ヘタ下枝ニテモ強度ニアテノ形成ガ促サレル位置ヲトラシムル時ハ再び相當ノ生長ヲ恢復スル例ガアル事デアル。之ハ Münch (44, S. 164) ノ „Das Wachstum zieht die Baustoffe an sich, es wird nicht erst etwa durch vorher zuströmende Baustoffe angeregt, sondern durch Ursachen, die wir,....., vorläufig als Reize bezeichnen.....“ ナル言葉ヲ想起セシムル現象デ、此ノ生長ヲ促ス刺激トシテハ別ニ他ニアルト言ハネバナラス。

層ニ及ボス縦壓ノ刺戟ニヨルト解シテ居タガ、倒伏セル幹ヲ支ヘテ荷重ニヨル縦壓ノ關係ヲ除去セル場合ニモ、猶下側ニアテガ形成サレル事實ヲ認メ、重力ノ刺戟モ亦此ノ形成ニ與ルモノトシ、次ノ如ク述ベテ居ル。 „Es mag auf den ersten Blick auffällig erscheinen, dass ein Baum auf zwei ganz verschiedene Reize, wie Schwerkraft und Druck, in gleicher Weise, nämlich durch Rothholzbildung reagiert. Abgesehen davon, dass es leicht ist, Beispiele zumal aus den Reizerscheinungen bei den Thieren aufzuführen, aus denen hervorgeht, dass verschiedene Reize dieselbe Reaktion hervorrufen,“(22, S. 84)。斯ノ如ク、二種ノ全ク異ナル刺戟ニヨツテアテノ形成ガ現レルト言フ事ハ後 Ewart 及ビ Mason-Jones (14) 或ハ Burns (5) 等ニヨツテ再吟味セラレ、壓力ハ此ノ際何等ノ關係ナク、重力ノミガ眞ノ原因タルモノトサレタ。Burns ノ實驗ハ White pine ノ幹ニ就テ行ワレタモノデ、著者ノ結果モ之ニ一致シ、一應ハ重力ノ作用ニヨル事ヲ肯定セシメラレル。然ルニ枝ノ場合ヲ見ル時ハ同一ノ樹種ニ於テモ或ハ上側ニ、或ハ下側ニ、ソノ軸ヲ回旋スル時ハ更ニ横斜ノ側ニモ生長偏倚シ、又正シイ垂直ノ位置ニアツテモ猶著シクアテヲ形成スルモノデアルカラ、此ノ原因ヲ單ナル重力ノ作用ニ歸スル事ハ困難デアル。

4. 機械的強固説

此ノ説明法ニ二種アル。Metzger (39) 等ノ説クトコロニヨルト荷重ニヨリ樹幹ガ彎曲サレル時、之ニ對スル抵抗ノ少イ部分、換言スレバ強度ノ劣ル側ニ肥大生長ガ促サレルトスルモノデアルガ、Jaccard (25, 26) ハ之ニ對シ實測ノ結果多クノ樹幹ノ直徑ハ等抗彎強體トシテノ計算値ヨリ根張りノ附近ヲ除キ基部ノ方ニテ過小、梢ノ方デ過大デアルト稱シ、Münch (44, S. 169) ハ更ニ潤葉樹ノ幹形ハ普通、此ノ型ニ當テ嵌マラナイト言フ。Trendelenburg (61) ハ之ニ就テ樹幹ノ各部ハ構造上均質ナラザルガ故ニ機械的強度モ部分ニヨツテ異ナリ、Metzger ノ見解ハ此ノ點ニ關シテ多少ノ訂正ヲ要スト考ヘ „So erscheint es wahrscheinlich, dass sich auch die von Jaccard gefundenen Abweichungen erklären lassen aus Gründen des mechanischen Aufbaus und dass der Stamm doch Träger gleichen Widerstands ist, wenn nicht in der Form, so doch in der Festigkeit.“ (61, S. 12) ト述ベテ居ル。併シ孰レニセヨ此ノ説ヲ以テ、傾斜セシ樹幹ヲ支ヘテ何等機械的的要求ヲ増加セシメザル場合ニモ猶同様ニ偏心生長ノ現レル事實ノ如キヲ説明スル事ハ出來ナイ。

幹形ヲ機械的強度ニヨツテ考察セル第二ノ説ハ Hohenadl (1924) (24) ノ樹幹ヲ等抗壓強體 (Träger gleicher Druckfestigkeit) ト見ル説デアルガ、之ハ既ニ Münch (44) モ指摘シテ居ル如ク、實際上樹幹ノ横斷面ハ自體ノ荷重ヲ支フル必要以上ニ大ナルヲ普通トシ、偏心生長ノ説明ニハ導入ノ餘地モナイ。

5. 水分通導説

此ノ説ハ Jaccard (25, 26) ノ樹立シタモノデアルガ、夫程ノ根據アルモノデナイトシテ Münch (44) ノ論難セルトコロデアル。Jaccard 自身モ偏心生長ノ説明ニハ此ノ關係ヲ重要視セズ、偏心生長ニ際シテ生ズル**アテ**ノ部分ハ却ツテ水分ノ通過ニ對スル抵抗大ナル事ヲ認メテ居ル(28)。著者ガ實驗的ニ水分通導速度ヲ比較シタ結果ニヨツテ見テモ、**アテ**ノ部分ハ針葉樹、闊葉樹共ニ正常ナル材部ニ比シ通導能力ニ劣ルモノデアル¹⁾。從テカカル組織ノ形成ヲ伴フ偏心生長ガ水分通導ノ要求ニ從テ起ルトハ考ヘラレナイ。又事實前述ノ實驗結果ニ見ラレル種々ノ偏心傾向ヲ此ノ説ニヨツテハ説明ノ方法モナイ。

6. 縦 壓 説

此ノ説ハ自然ニ於テ針葉樹ノ傾斜セル部分ノ下側或ハ風下ニ當ル側ニ**アテ**ノ存在スルトコロヨリ想像サレタモノデアル。然ルニ實驗的ニ形成層ニ壓力或ハ張力ヲ加ヘテ肥大生長ニ及ボス影響ヲ檢シタ多クノ實驗結果ハ常ニ此ノ期待ヲ裏切り、カカル解剖的異常ノ出現ヲ認メテ居ラス(57)。ココニ於テ單ナル靜力學的ノ壓力或ハ張力ガ生長ニ影響スルモノデハナク、彎曲ニ際シテ生ズル凸側ト凹側ニ於ケル組織ノ緊張度ノ差ガ生長ノ偏倚ヲ起サシムルモノデアラウトモ考ヘラレタ (44, S. 170)。然シ乍ラ實際上彎曲部ニ果シテ夫程長クカカル關係ガ存續スルモノデアルカドウカハ、猶問題デアル。前ニ述ベタ様ニ Ewart 及ビ Mason-Jones (14) ハ重力説ノ支持者デアルガ、針葉樹ノ枝ヲ輪狀ニ彎曲シタ場合トシテ**アテ**ガ彎曲ノ凹側ニソヒテ現レル例外的ノモノノアルヲ認メ、之ニ就テ “Hence it is possible that very strong pressure applied to a feebly active cambium may overcome the gravitational influences normally responsible for this special morphogenic response” (14, p. 203) ト説明シテ居ルガ、幹ノ場合ニ於ケル同様ノ實驗デハ Burns (5, p. 12) モ述ベテ居ル通り決シテカカル彎曲ノ凹側ニ生長偏倚スル例ハナイ。

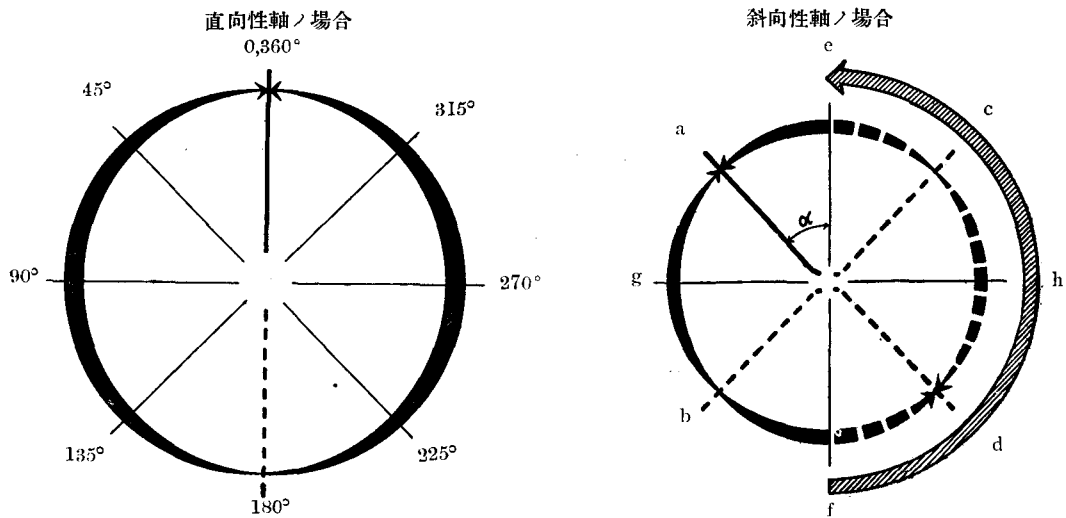
著者ノ實驗結果中、例ヘバ枝ヲ彎曲スル事ナクシテ上向セル場合、或ハ其ノ軸ヲ回旋セル場合等ニ現レル偏心生長ニ對シ、此ノ縦壓説デハ何等ノ説明ヲモ與ヘル事ハ出來ヌ。

7. 均 衡 位 説

之ハ Hartmann ノ提唱ニカカル説デアルガ、其ノ説明ノ要旨ヲ略述スルト、樹體ノ各部ハ重力ノ方向ニ對シ内的ノ條件ニヨツテ定マルーノ均衡位 (Gleichgewichtlage) ヲ有シ、軸ガ二次的ニ此ノ位置ヨリ離レタル時、反應トシテ**アテ**ガ現レ、其ノ形成スル側ハ最短ノ距離ニ於テ均衡位ニ返サ

1) **アテ**ハ又解剖的ニ見テ、假導管ノ孔紋ノ内開口狹長ナル裂罅狀ヲナシ、且其ノ數ニ乏シク、闊葉樹ニ於テハ更ニ導管ノ率小ナル傾向ガアルカラ、水分通導上有利ナ組織トハ認メ難イ。

ムトスル配置ヲトルトナスモノデアル。而シテ此ノ關係ヲ模型的ニ示シタノガ第 24 圖デアル。之ヲ著者ノ實驗結果ニ比較シテ見ルト直向性ナル幹ノ場合ニ就テハヨク一致スルガ、斜向性ナル側枝ノ場合ニ就テハ多少異ナル點が見出サレル。彼ハ側枝ノ重力方向ニ對スル均衡位、即チアテヲ形成



第 24 圖 Hartmann ノ偏心生長ノ理論ヲ説明セル模型圖。

矢ノ方向ハ反應材形成側ノ關係ヲ示シ、ソノ太サハ形成ノ程度ヲ

現ス、又斜線ヲ施セル矢ハ回旋ノ刺戟ノ存在ヲ示スモノトス。(Hartmann ニ據ル)

セザル位置ガ垂直ヨリ α ナル偏角ヲトルモノトスレバ、同様ノ傾斜關係ニアル位置ハ第 24 圖ニテ b, c, d ニ示セル位置ニモアリ、之等ハ理論上何レモアテヲ形成シナイトスル。從テ反應ノ現レル圈ハ同圖ニ見ラル、如ク四ケニ區分サレル事ニナルガ、此ノ内 f—h—e ノ圈ニ於テハ軸ガ反轉セル爲、別ニ回旋ノ刺戟ガ存在シ、シカモ此ノ場合回旋度ハ常ニ 180° ナルニ對シ、傾斜角ハ最大ナル位置ニテモ $90^\circ - \alpha$ デアルカラ、此ノ圈内ニ於ケル傾斜ノ刺戟ニ基クアテハ回旋ノ刺戟ニ覆ワレテ現レナイト言フ。カカル考ヘニ從テ傾斜ト回轉ノ兩刺戟ガ反應ニ際シ相殺サレルモノトスルナラバ、生長偏倚ノ程度ハ f 及ビ e ニテ急激ニ變化シ、h ニ向ツテ漸次減小スル筈デアル。然ルニ實際上偏倚ノ程度ガ h 部ニ於テ最小トナルガ如キ例ハナイ。又回旋ノ刺戟ノ存在シナイ e—g—f ノ圈内ニテ認メラレル二ケノ生長偏倚側ノ反轉スル位置ハ Hartmann ノ理論ノ如ク垂直ニ對シテ常ニ同一ノ偏角ヲ有スルモノトハ限ラズ、寧ろ第 17 圖ニ示セシ如ク、水平ニ對シテ不相稱デアル。尙彼ハ回旋ノ刺戟ニ就テ回旋度 180° ヨリ小ナル場合ニ對シテハ何等ノ注意モ拂ツテ居ナイガ、實際軸ノ回旋ニ際シテ現レル偏心生長ヲ彼ノ如キ思想ヲ以テハ如何ニ説明サルベキモノデアルカ了解ニ困シムトコロデアル。

第四章 偏心生長ニ關スル著者ノ見解

上述ノ如ク從來ノ諸說ハ何レモ著者ノ實驗結果ニ對シテ十分満足ナル説明ヲ與フルニ足ラナイ。然ラバ此ノ問題ハ結局如何ニ解キ得ラレルモノデアラウカ。ココニ著者ノ包懷セル見解ニ就テ更ニ實驗例ヲ補ヒツツ述ベテ見タイト思フ。

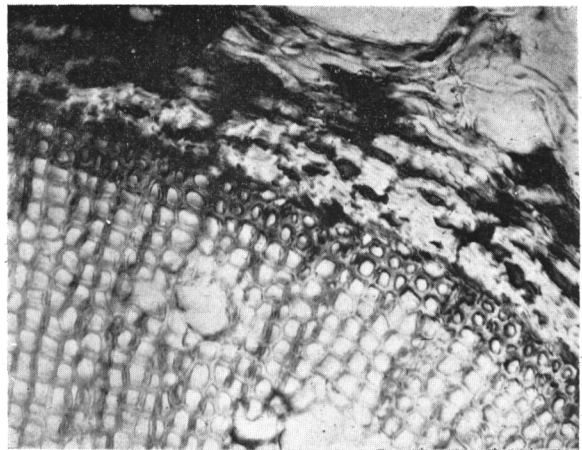
第一節 幹ノ場合

重力偏心性ト屈地性

偏心生長ノ傾向上先ズ注目サレルノハ幹ト側枝ニ於ケル相違デアル。幹ガ重力方向ニ並行ノ位置ニ於テ偏倚ヲ現サナイノニ對シ、側枝ハ或ル傾斜ノ位置ニ於テ偏倚ヲ示サナイ。類似ノ相違ハ屈地性ニ就テモ見ラレルモノデ、幹ハ垂直ノ位置ニ於テ屈地性屈曲ヲ起サズ、側枝ハ或ル傾斜ノ位置ニ於テ靜止スル。今幹ヲトツテ其ノ安定セル垂直上向位ヨリ動カス時ハ常ニ原ノ位置ニ向ツテ距離ノ最短ナル方向ニ屈曲ヲ起ス。併シ乍ラ軸ヲ正シク垂直下向位迄動カス時ハ屈曲ハ再ビ現レナクナル。此ノ場合ノ安定位ガ動休止位 (Labile Ruhelage) ト呼バレルノニ對シ、原ノ、或ハ屈地的屈曲ニヨツテ最後ニ落チツク位置ハ靜休止位 (Stabile Ruhelage) ト稱セラレル。此ノ幹ニ於ケル屈地性ト偏心生長ノ傾向ヲ對照シテ見ルト、其ノ間興味アル一致が見出サレヤウ。スナハチ屈地性屈曲ノ起ルベキスベテノ刺戟位 (Reizlage) ニ於テ肥大生長ニモ偏倚ガ現レ、其ノ偏倚スル側ハ常ニ屈地性屈曲ニ際シ針葉樹型ニテハ凸側、濶葉樹型ニテハ凹側トナルベキ側ニ相當シテ居ル。カカル一致ハ偏心生長ヲシテ屈地性ニ基クモノノ如ク想像セシムルモノデ、此處ニ嘗テ Bücher (1906) (4) ノ述ベタ Geotropismus ナル現象ガ想ヒ起サレル。彼ハ屈地性屈曲能力ヲ有スル直向性ノ莖幹ヲ水平ニ保チ、其ノ屈曲ヲ制限スル時ハ、上下兩側ニ生ズル組織ニ量的並ビニ質的ノ相違ガ現レル事ヲ認メ、之ヲ Geotropismus ト稱シタ。併シ乍ラ、屈動能力ノ旺盛ナ若イ幹デハ傾斜サル、モ直チニ調位運動ヲ起シテ休止位ニ復ルガ故ニ、實際上肥大生長ニハ偏倚が見ラレルニ至ラナイガ、正シイ休止位ヲ恢復スル迄ニ相當ノ時間ヲ要シタ場合ニハ、假令屈曲現象ガ妨ゲラレナイ場合デモ**アテ**ノ形成及ビ偏心生長ハ明カニ認メラレルモノデアアル。從テ屈地性屈曲ノ制限サレタル時ニノミ偏心生長ガ現レルトハ稱シ難ク、又一面屈動能力ノ既ニ認メラレナイ樹幹ノ太イ部分デモ偏心生長ハ顯著ニ發現スルモノデアアルカラ、屈地性屈曲能力ノ存在ガ偏心生長ノ成立ニ必須ノ條件タルモノトモ

考ヘラレナイ。尤モ樹幹ノ相當太イ部分ニアツテモ長年月ノ間ニハ可ナリ顯著ナ屈地性屈曲ヲ起ス事ガアリ、又屈曲トシテハ遂ニ現レナイ部分デモ屈地性刺激ハ受ケルト見ラレヌ事モナイ。併シ一般ニ屈地性刺激ノ感受性ハ軸ノ先端ヨリ基部ニ向ツテ、特ニ伸長生長ノ完了セル附近ニテ急激ニ減退スルト言ハレテ居ルノニ對シ、偏心生長ハ基部ニ至ルモ衰ヘズ、肥大生長能力ノ存スル限り古イ部分デモ起ルモノデアルカラ、偏心生長ヲ屈地性刺激ニ基クト見ル事ハ困難デアル。故ニ寧ロ之ハ直接重力ノ刺激ニヨツテ喚起サレル現象ト考フベク、スナハチ軸ノ横斷方向ニ作用スル重力ノ刺激ガ、屈地性ニ於テ上下兩側ノ伸長生長ニ偏倚ヲ起サシムルト相似的ニ、上下兩側ニ肥大生長ノ偏倚ヲ生ゼシムルニヨルト解サレヤウ。

斯ノ如ク樹幹ニ於ケル偏心生長ガ重力ノ刺激ニヨルト言フ事ハ、之ガ屈地性ト同様、其ノ偏倚ノ程度ニ於テ軸ノ傾斜角ニ關係シ正弦法則ニ從フ傾向ヲ示シ、又軸ヲ水平ニオイテ常ニ回轉シテ重力ノ一方ノ作用ヲ除ク時ハ發現セズ（後述實驗例57頁參照）、更ニ遠心力ヲ一方ノニ作用シテ、重力ニ代ヘタ場合、ヨクアテヲ形成セシメ得ル事實（第25圖）等ニヨツテモ確カメラレルトコロデアル。シカモ之ハ上述シタ様ニ屈地性刺激ニ基クモノトハ言ヘナイカラ、獨立ニ一種ノ重力反應（Georeaktion）トシテ肥大生長ガ偏倚スルトシナケレバナラナイ。著者ハ此處ニカカル現象ヲ重力偏心性（Geotropie）ト稱シ、此ノ際生長偏倚スル側ガ下側ニアル針樹葉型ノ場合ヲ下側肥大性（Hypotropie）、上側ニアル潤葉樹型ノ場合ヲ上側肥大性（Epitropie）トシテ區別スル事トスル。



第25圖 あかまつノ稚苗ヲ回轉盤上ニ取りツケ、
高速度ニ回轉シテ幹軸ノ横斷方向ニ遠心力ヲ作用
セシメアテヲ形成シタル例。 ×200.

第二節 側枝ノ場合

1. 側枝ノ偏心生長ト斜向屈地性

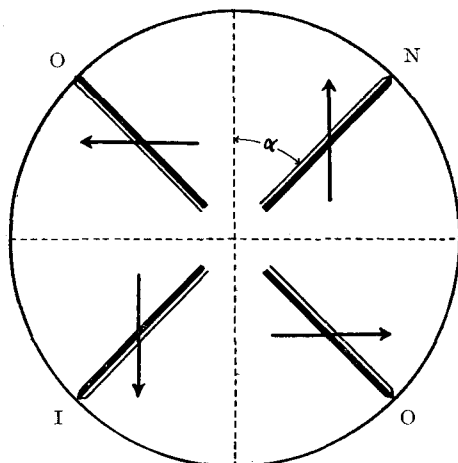
上述セル如キ關係ハ然ラバ側枝ノ場合ニ於テハ、如何ニ適用サレルデアラウカ。今側枝ヲトツテ

1) Engler (1924) (13) ハ Fichte ニ 就テ徑 24 cm ノ部分ニ迄カカル屈曲ノ起レル例ヲ認メテ居ル。

軸ヲソノ安定セル斜向位ヨリ動カス時ハ、夫ガ調位運動能力ヲ有セル限り、亦幹ト同様屈曲ヲ起シテ原ノ安定位ニ向フ。併シ乍ラ、此ノ際屈曲ノ方向ハ原ノ安定位ニ向ツテ幹ノ場合ノ如ク必ズシモ最短ノ距離ヲトルモノデナク、垂直下向ノ附近迄動カス時ハ、却ツテ最モ遠イ距離ヲトツテ屈曲シ、スナハチ外曲スル。從テ屈曲方向ノ岐ル、限界タル動休止位ハ斜下向ノ位置ニアル事トナル。而シテ此ノ軸ノ屈曲ノ起ル位置ト偏心生長ノ現レル位置トヲ比較スルニ、亦恰モ幹ノ場合ニ於ケルガ如クヨク一致スルト見ラレ、且肥大生長ノ偏倚スル側モ常ニ屈曲ニ際シ針葉樹型ニテハ凸側、渦葉樹型ニテハ凹側トナルベキ側ニ當ツテ居ル。

斯ノ如ク側枝ノ屈地性屈曲ト偏心生長ガ發現位及ビ發現方向ニ於テ、幹ト同様ノ關係ヲ以テ一致セル事ハ此處ニモ亦原因ノ相通ズベキモノアル事ヲ豫想セシムルモノデアル。併シ乍ラ、側枝ノ屈地性屈曲ハ幹ノ場合ノ如ク單純ナル關係ニアルモノニ非ズ、種々ノ因子ガ複合セル結果トモ考ヘラレテ居ルカラ、此處ニ之ニ關聯シテ偏心生長ヲ考察シテ見ルニ當リ、一應其ノ屈地性ニ就テ述ベテおく必要ガアル。

側枝ガ重力方向ニ對シテ斜向的ノ休止位ガ果シテ、幹ノ休止位ニ於ケルガ如キ無刺戟ノ位置デアルカ、或ハ一種ノ均衡的ノ位置デアルカガ先ズ問題デアル。Guttenberg (1928) 及ビ Möller (1928) 等ハ之ヲ無刺戟ノ位置ト解シ、軸ガ休止位ヨリ離レタル時初メテ屈動性刺戟ガ喚起サレルモノデアルト述ベテ居ル (52, S. 120)。假ニ側枝ノ形態的軸ニ對シ第 26 圖ニ示ス如ク、其ノ休止位ノナス偏角ダケ偏ツタ方向ニ生理的直向性軸ヲ想定スルナラバ、形態上斜向位ニ於テ無刺戟ナル場合ガ、理論上成立スルワケデアルガ、此ノ際ニハ同時ニ同圖ニ見ラル、様ニ動休止位モ、最大刺戟位モ皆夫々同ジ角度ダケ偏ル事トナリ、之ハ實際ノ側枝ノ屈地性現象ニ合致スルモノデハナイ。De Vries (1882) ハ一般ノ斜向性器官ニ於テ固有ノ背側伸長性 (Epinastie)¹⁾ ナル性質ヲ認メ、側枝ノ示



第 26 圖 斜向屈地性ノ刺戟位及ビ休止位ノ關係ヲ、形態的軸ニ斜交セル生理的直向性軸ノ想定ニヨツテ説明スル模型圖。
N: 正位、I: 逆位、O: 最大刺戟位、 α : 休止位ノ傾斜角、軸ノ黒キ側ハ腹側、矢ハ生理的直向性軸ノ方向ヲ示ス。
(Rawitscher ニ據ル)

1) 此ノ語ハ又上側傾動性 (山口: 植物の運動、昭 5)、上位生長性 (綱嶺: 生理植物學、昭 6) 等トモ記サレテ居ル。

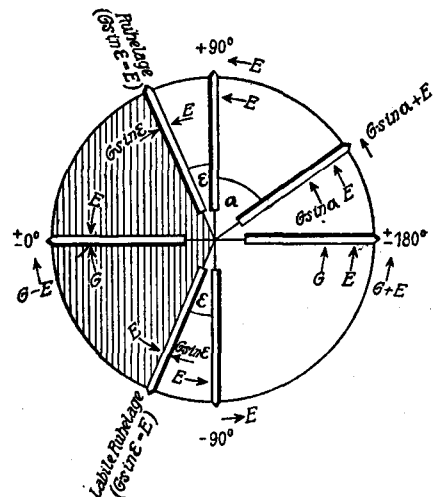
ス斜向的ノ位置ハ、此ノ背側伸長性ト背地性及ビ自體ノ荷重ノ三者ガ均衡シテ定マルモノデ、自然ニ於テハ更ニ屈光性ガ關與スルトシタ (49, S. 188)。此ノ見解ハ其ノ後多クノ人々ニヨツテ採用サレテ居ルガ、只背側伸長性ナルモノニ對シテ Lundegårdh (1918 (36), 1924 (37)) ハ感應時間及ビ後作用ノ時間ノ長イ 向地性が同時ニ存在シ、其ノ現レニ 他ナラヌトナシ、Noll ハ上下兩側ニ於テ刺戟ノ相違アルガ爲ト解シ、Baranetzki (1901) (1, S. 185) ハ *Prunus* ノ型ニ就テ屈地性屈曲ニ對シ反對ノ方向ニ屈曲セムトスル自屈性 (Rektipetalität 又ハ Autotropismus) ノ關係スルニヨルモノト説明シテ居ル。Rawitscher (1923) (51) ハ *Tradescantia* フ材料トシテ種々ノ實驗ヲ行ツタ結果 De Vries ノ所謂上側伸長性ノ存在ヲ確カメ、且之ハ軸ノ重力方向ニ對スル如何ナル位置ニ於テモ變化スルモノデナイトシタ。又彼ハ斜向性苗ノ屈地性ニ關シ、直向性苗ノ場合ノ如ク正弦法則ニ從フモノニシテ、軸ヲ回旋スルモ同様ニ現レ、之ガ背側伸長性ト作用方向ヲ同ジウスル時ハ兩者ハ和トシテ屈曲ヲ促シ、反對方向ヲナス時ハ兩者ノ差トシテ屈曲ガ制限サレ、斜向的ノ休止位ハ要スルニ此ノ兩者ノ均衡セル位置ニ相當スルト述ベテ居ル。今 E ヲ背側伸長性、 G ヲ水平、即チ最大刺戟位ニ於ケル屈地性刺戟トシ、 ϵ ヲ休止位ガ垂直トナス角度トスルト休止位ニ於テハ

$$E = G \cdot \sin \epsilon$$

ナル關係ガアル。而シテ同様ノ關係ハ又之ト水平ニ對シテ相稱ナル位置、即チ $180 - \epsilon$ ノトコロニモ存在シ、之ガ動休止位ニ當ル。此ノ關係ヲ模型的ニ示シタノガ第 27 圖デアル。

然ルニ Zimmermann (1927) (66) ガ *Ranunculus repens* ノ匍匐莖ニ就テ研究シタ結果ニヨルト、靜休止位ト動休止位ハ水平ニ對シテ互ニ相稱ヲナサズ、前者ガ 65° ノ位置ニアルニ對シ後者ハ 135° ノトコロニアルト言フ (第 28 圖)。彼ハ Lundegårdh ト同

様斜向性器官ニ於テ向地性ノ存在ヲ認ムルモノデアルガ、此ノ向地性刺戟ガ、嘗テ彼ガ *Lepidium sativum* 等ノ根ニ就テ確カメタル如キ重力調律性 (Geotonus) ノ作用ヲ受ケ、正弦法則ニ變調ヲ來ストノ想定ノ下ニ之ヲ説明セムトシタ。實際上長軸ニ並行ニ作用スル所謂重力調律性縱力 (Geotonische Längskraft) ナルモノガ屈地性ニ如何ナル關係ヲ以テ影響スルカハ、未ダ十分明カニサレテ

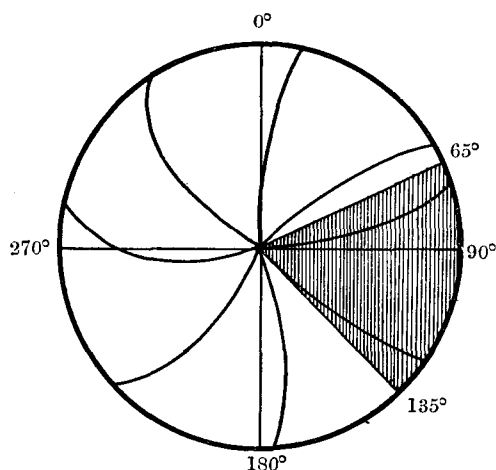


第 27 圖 *Tradescantia* ノ斜向屈地性ノ理論ヲ説明セル Rawitscher ノ模型圖。

G : 重力、 E : 背側伸長性、 ϵ : 休止位ノ傾斜角、

(Rawitscher ニ據ル)

居ルワケデハナイガ、一般ニ軸ガ倒位 (Inverse Lage) ヨリ正位 (Normale Lage) ニ向フ程刺戟ガ



第 28 圖 *Ranunculus repens* ノ匍匐莖ガ
各傾斜位ニ於テ現ス屈地性屈曲方向ト其
ノ休止位ノ關係ヲ示ス模型圖。
縦線ハ内曲スル圈。
(Zimmermann ニ據ル)

減殺サレ、又刺戟ノ大小ニヨツテモ其ノ影響ノ
程度ヲ異ニスルト考ヘラレテ居ルカラ、Metz-
ner ハ此ノ見地ニ從テ之ヲ $g \cdot k \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$ ナ
ル式ヲ以テ現ハサムト試ミタ (52, S. 149)。コ
コニ g ハ重力、 k ハ植物及ビ部分ニヨツテ異ナ
ル刺戟ノ制限係數 (Spezifische Hemmungsfak-
tor)、 α ハ偏角ヲ示ス。更ニ t ヲ刺戟時間トス
ルト屈地性反應ノ大イサ (G) ハ次ノ如ク示サレ
ル。

$$G = g \cdot t \cdot \sin \alpha - g \cdot k \cdot t \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

(Geoinduktion) (Tonische Hemmung)

$$= g \cdot t \cdot \sin \alpha (1 - k \cdot \cos \alpha)$$

而シテ斜向性器官ニ於テ、正及ビ負ノ方向反對ナル二種ノ屈地性が同地ニ作用スルモノトスルト
全體トシテ現レル反應 (Pl) ハ兩屈地性ノ差ニナルカラ、今兩屈地性ニ於ケル制限係數ヲ夫々 k_1 及
ビ k_2 トシ、兩屈地性ノ比ヲ P トシ、兩屈地性ハ作用方向ガ反對ナル爲一方ノ偏角ヲ $2R - \alpha$ ニテ
アラワシ且ソノ \cos ノ符號ヲカヘルト次ノ式ガ成立スル。

$$Pl = g \cdot t \cdot \sin \alpha (1 - k_1 \cdot \cos \alpha) -$$

(Gesamtplagiotropismus) (Hauptgeotropismus)

$$P \cdot g \cdot t \cdot \sin \alpha (1 + k_2 \cos \alpha)$$

(Nebengeotropismus)

ココニ Zimmermann ノ所説ニ從テ背地性ヲ主屈地性、向地性ヲ副屈地性トシ、前者ハ單ナル正弦
法則ニ準ルモ、後者ハ重力調律性ノ支配ヲ受ケ、ソノ正弦法則ニ變調ガ生ズルモノト假定スルト前
式ハ更ニ次ノ如ク改メラレル。

$$Pl = g \cdot t \cdot \sin \alpha - P \cdot g \cdot t \cdot \sin \alpha (1 + k \cdot \cos \alpha)$$

而シテ休止位ニアツテハ

$$g \cdot t \cdot \sin \alpha = P \cdot g \cdot t \cdot \sin \alpha (1 + k \cdot \cos \alpha)$$

ノ關係ニアリ、之ヲ書キカヘルト

$$\cos \alpha = \frac{1 - P}{P \cdot k}$$

トナル。Metzner ハ此ノ値ヲ Plagiotropiefaktor ト稱シ、均衡位ノ角度ヨリ P. k ヲ求メ、之ヲ以テ各刺戟位ニ於ケル刺戟時間ノ大イサヲ算定シ、前述ノ Zimmermann ノ Ranunculus ニ於ケル實驗値ニヨク一致セル結果ガ得ラレタト言フ。

固ヨリカカル匍匐莖ノ如キ特殊ノ器官ノ性質ヲ以テ、直チニ樹木ノ場合ニ適用スルハ早計タルヲ免レナイガ、著者ハぶたくさ *Ambrosia artemisiaefolia* L. ノ側枝ヲ用ヒ、Rawitscher ガ *Tradeskantia* ニ就テ行ヘルガ如キ方法ニヨツテ休止位ノ位置ヲ求メテ見タノニ、第1表ニ示ス如ク Zimmermann

第 1 表 ぶたくさノ側枝ノ屈地性屈曲方向

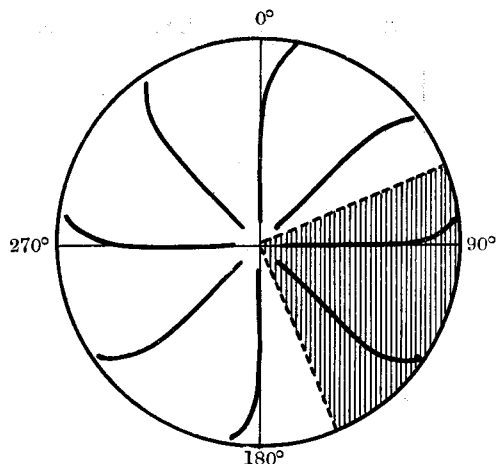
原傾斜角 40°—50°			
實驗セル傾斜位	先端ノ外曲スルモノ	先端ノ屈曲セザルモノ	先端ノ内曲スルモノ
0°	100%	0%	0%
20	100	0	0
40	80	20	0
50	20	60	20
70	0	0	100
90	0	0	100
110	0	0	100
130	0	0	100
140	0	0	100
145	0	0	100
150	20	20	60
155	50	0	50
160	70	0	30
170	100	0	0
180	100	0	0
270	100	0	0

實驗ハ 1936 年 7 月、花蕾ヲ生ズル前ノ通直ナル側枝ヲ選ビ、屈光性ノ影響ヲ除ク爲暗室中ニオキ 12—24 時間ノ後屈曲セル方向ヲ觀測シタ。供試數ハ各々ノ場合ニ 5—20 本トス。靜休止位ハ原傾斜位ノ附近ニアリ、原傾斜位ヨリ 5° 以内ノ移動ニ於テハ屈曲ハ殆ド見ラレズ、10° 以上ニシテ始メテ明瞭トナル。之ニ對シ動休止位ハ 150—155° ノ附近ニアリト見ラレ、位置ノ僅カナ相違ニテモ著シク屈曲ヲ進行スル。

ノ例ト同様ノ傾向ヲトリ、動休止位ト靜休止位ハ水平ニ對シテ互ニ相稱ヲナサスト言フ結果ヲ得タ。

更ニからまつ、くり、あべまき等ノ若イ第一次側枝ヲ以テ種々ノ傾斜位ニオキ、先端ノ屈曲スル方向ヲ測定セルニ第 29 圖ニ見ラル、如ク亦同ジク動休止位ガ水平トナス角度ハ常ニ靜休止位ガ水平トナス角度ヨリ大ナル事ガ窺レル。カカル關係ハ側枝ノ偏心生長ニ際シ、偏倚側ガ轉向スル二ツノ位置ノ間ニ於テモ見ラレタコロノモノデアル(第 2. 3 表)。

此處ニ於テ假ニ上述ノ斜向屈地性ニ關スル説明法ヲ側枝ノ偏心生長ニ轉用スル事トシ、其ノ生長偏倚ニ對シテ肥大生長ノ偏心性ヲ想定シテ見ルト、次ノ如キモノガ考ヘラレル。



第 29 圖 からまつ、あべまき等ノ側枝ノ先端ガ各傾斜位ニテ現ス屈地性屈曲方向ノ關係ヲ示ス模型圖。
縦線ハ推定内曲圈。

第 2 表

あかまつノ側枝ノ傾斜角トアテノ形成側

原傾斜角 40°—60°		
實 驗 セ ル 傾 斜 角	背側ニ アテ ヲ生ゼルモノ	腹側ニ アテ ヲ生ゼルモノ
30°	+++++	
50		+++++
90		+++++
100		+++
115		+++
130		+++
140		+++
150		+++
160	++	+
170	+++	
180	+++++	
270	+++	

＋印ノ數ハ觀測數ヲ示ス。實驗ハ 2 年生側枝ヲ用ヒ、基部ヨリ彎曲シテ傾斜角ヲ變化シ、1 生長期ノ後 2 年軸ノ中央部ニテ檢シタ。**アテ**ノ形成程度ハ 115°—130° ノ附近ニ最モ著シイガ後期ニハ次第ニ弱度トナル傾向アリ、特ニ 160° 附近ノ背側ニ現レタル**アテ**ハ後半期ニテ全ク消失シ再ビ腹側ニ生ズルモノガアル。

第 3 表 からまつノ側枝ノ輪狀彎曲ニ於テ生長偏倚側ノ轉向スル位置ノ傾斜角

	彎曲方向	i	ii	iii	iv	v	平均
水平ヨリ上向ノ位置ニアルモノ	内曲セル場合	52°	55°	55°	58°	55°	55°
水平ヨリ下向ノ位置ニアルモノ	内曲セル場合	152	148	145	—	—	148
	外曲セル場合	148	145	150	148	145	147

重力偏心性 Geotrophie¹⁾ $\left\{ \begin{array}{l} \text{正} \\ \text{針葉樹型ニテハ下側肥大性 Hypotrophie} \\ \text{負} \\ \text{闊葉樹型ニテハ上側肥大性 Epitrophie} \end{array} \right.$
 固有偏心性 Autotrophie $\left\{ \begin{array}{l} \text{針葉樹型ニテハ背側肥大性 Dorsitrophie} \\ \text{闊葉樹型ニテハ腹側肥大性 Ventraltrophie} \end{array} \right.$

今カカル偏心性ヲ以テ先ズ均衡位ノ關係上類似スルトコロノアル Zimmermann ノ説明法ヲ準用シ、側枝ノ偏心生長ヲ考察シテ見ルト、生長偏倚ノ現レザル位置、即チ偏心的休止位ハ正及ビ負ノ重力偏心性ノ均衡スル位置ト解サレル。而シテ此ノ均衡位ヨリ離レタル位置ニテハ兩偏心性ノ差ダケ刺激ノ大ナル方ニ從テ偏倚ガ現レルワケデアル。勿論兩偏心性共軸ノ横斷方向ニ作用スル重力ノ刺激ニヨツテ喚起サレルモノデアルカラ、垂直ノ位置ニ於テハ現レナイトセネバナラヌ。然ルニ實際ハ第 10 圖及ビ第 17 圖ニ見ラル、如ク、休止位ヨリ垂直位ニ向ツテ偏倚ノ程度ハ次第ニ増加シ、垂直位ニ於テモ偏心生長ハ決シテ消失スルモノデハナイ。之ニ對シ Zimmermann ノ説明法ヲ以テスレバ、正ノ偏心性ガ負ノ偏心性ニ比シ後作用ノ大ナルガ爲、カカル無刺激位ニ於テモ猶從來ノ傾向ガ殘存スルニヨルト解サレルガ、實際上側枝ヲ垂直ノ位置ニ上向セシメシ時ニ生ズル偏心生長ハ、後ニ述ベル長期ニ亙ル實驗ノ結果ニテ見ラレル如ク、數生長期ニ及ンデ消失セザルモノガアリ(第 36 圖 B₂)、之ヲ單ナル後作用ニ基クト見ル事ハ可ナリ無理ト言ハネバナラヌ。

ココニ Rawitscher ノ見解ヲトリ入レテ、正ノ重力偏心性ノ代リニ固有偏心性ノ存在ヲ想定スル時ハ説明ハ甚ダ簡短ニナル。即チ側枝ニハ常ニ針葉樹型ニ於テ脊側、闊葉樹型ニ於テ腹側ニ肥大生

1) Trophie ナル語ハ元來 Wiesner ニヨツテ偏心生長ガ榮養ノ偏リニ基イテ起ルトノ思想ヨリ用ヒラレタモノデ、既ニ Ursprung (63) モ指摘シテ居ル通り、此ノ場合適當ナルモノトハ言ヘナイガ慣用ニ從ツテ此處ニ充テタ。Schimper ノ稱シタ Epinastie, Hyponastie ナル語モ猶其ノ儘用ヒテ居ル人ガアリ (Neger (46)), 中野 (44)), 又邦語ニハ上側生長、下側生長(藤岡: (16)), 上偏性、下偏性 (三好: 最新植物學)、傾上性、傾下性 (小倉: 植物形態學)等ノ語モアルガ統一上ココニ上掲ノ言葉ヲ用ヒテ見タ。

長ノ偏倚スル性質ガ有リ、一方幹ノ場合ト同様ノ重力偏心性ガ存在スルトスル。而シテ前者ハ重力方向ニ對スルスベテノ位置ニ於テ同様ニ現レルガ、後者ハ軸ノ傾斜角ノ正弦價ニ比例シ、水平位ニ於テ最大ヲ示シ、垂直位ニ於テ現レズ、且此ノ兩者ガ同時ニ同一横斷面上ニ現レル場合ニハ互ニ相殺シ、兩者ノ強サノ代數和トシテ偏倚ガ發現スルモノトスルト、偏倚ノ現レザル位置ハ兩者ノ均衡スルトコロニ當ルト言フ事ニナリ、此ノ位置ニ於テ其ノ關係ハ Rawitscher ノ式(30頁)ニ相似的ニ

$$A = G \sin \epsilon$$

(Autotrophie) (Ceotrophie)

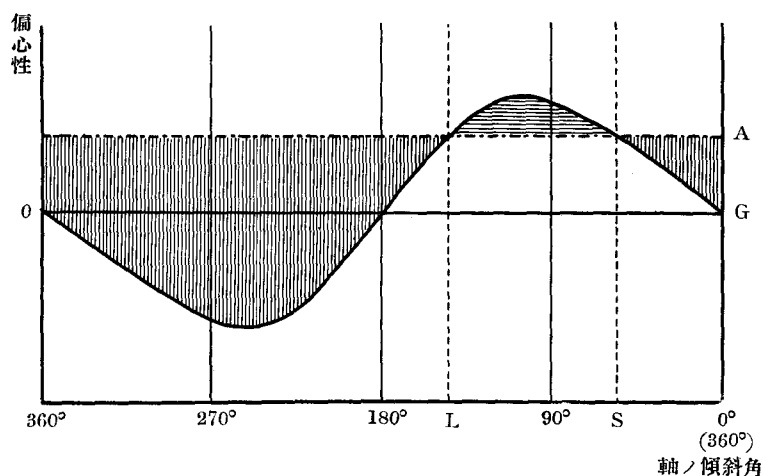
A: 固有偏心性

G: 重 力

ϵ : 均衡位ノ傾斜角

ナル式デ示サレル。而シテ $\epsilon < 90^\circ$ ナル限り同様ノ關係ニアル均衡位ハ水平ニ對シテ相稱ノ位置ヲトリ、斜向上下ニ二個アル筈デアル。然ルニ先ニ Hartmann ノ說ヲ評スルニ際シテ述ベタ如ク、著者ガ繰返シ行ツタ實驗ノ結果ニヨルト二個ノ偏倚側ノ轉向スル位置、換言スレバ偏心性休止位ハ水平ニ對シテ互ニ相稱ヲナサズ、動休止位ニ當ル位置ハ常ニ垂直下向位ニ近接シテ居ルモノデアル(第2.3表)。故ニ此ノ理論ハ直チニ實際ノ場合ニ對シテ適用シ難ク、説明上何等カノ補正ヲ要スル。此處ニ注目サレルノハカノ Zimmermann ノ所謂重力調律性縦力ノ影響デアル。此ノ作用ニヨル刺戟

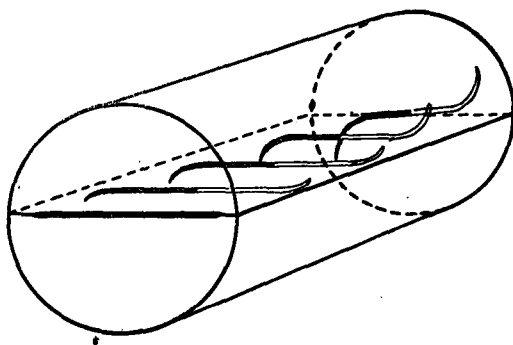
ノ制限ガ屈地性ニ於ケルト同様ノ關係ヲ以テ重力偏倚性ニモ現レルモノナラバ、重力偏心性ハ垂直上向位ニ近づく程減少シ、從テ水平ニ對シ互ニ相稱ナル傾斜位ニ於テ其ノ強サハ相違スル様ニナル。此ノ制限作用ガ果シテ屈地性ニ於テ Metzner ノ提案セル如キ式デ表サレルモノデアルカドウ



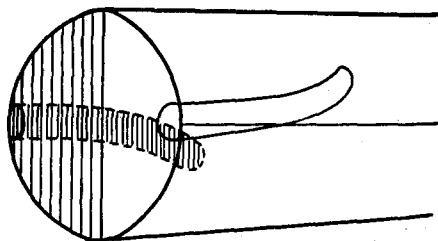
第 30 圖 重力調律性縦力ノ作用ヲ考慮シテ變形セル重力偏心性 (G) ト、スベテノ傾斜位ニ於テ同一ナル固有偏心性 (A) トノ組合セヲ以テ、側枝ノ各傾斜位ニ於ケル偏心生長ヲ説明スル模型圖。重力偏心性ハ固有偏心性ト $360^\circ - 180^\circ$ ニ於テ作用方向一致シ、 $180^\circ - 0^\circ$ ニテ反對トナル。而シテ S 及ビ L ハ兩者ノ均衡スル位置ニ當ル。圖上横線ハ針葉樹型ニ就テ言ヘバ腹側ニ生長偏倚スル圈、縦線ハ背側ニ生長偏倚スル圈ヲ示ス。

カハ勿論未解決ノ問題デアルガ、假ニ此ノ思想ヲトリ入レテ變形セル重力偏心性ト、固有偏心性ノ均衡スル状態ヲ模型のニ示シテ見ルト第 30 圖ノ如クナル。¹⁾ スナハチ之ニヨツテ側枝ノ傾斜關係ニヨル偏心生長ハ一應説明ガ可能ノ如ク見ラレルデアラウ。

然ラバ軸ノ回旋ニ際シテ現レル偏心生長ハ如何ニ解釋サレルデアラウカ。側枝ノ軸ヲ回旋シ其ノ形態の脊腹相稱軸ヲ重力方向ヨリ動かセル場合ニ、先ヅ吾人ノ注意ヲヒク反應ハ軸ノ振曲 (Torsion) デアル。此ノ現象ガ如何ナル機作ニヨツテ起ルカハ猶問題デアラウガ、兎モ角側枝ニ生理的脊腹性 (Physiologische Dorsiventralität) ノ分化セルニ基クモノデアル事ハ確かデアアル。脊腹性ハ又極斷の極性 (Transversale Polarität) トモ呼バレ、此ノ際脊側ハ苗極 (Sprosspol)、腹側ハ根極 (Wurzelpol) ニ當ル。今各横斷面ニ於テ第 31 圖ニ示ス如ク直向性單位ヲ想定シ、之ハ互ニ隣接スルモノト密ニ結合シテ居ルガ、或ル程度迄ハ動き得ル状態ニアルト假定スルト、側枝ノ軸ヲ或ル角度回旋シ、其ノ一端ヲ固定シタ場合ニハ各横斷面ノ直向性單位ハ屈地性刺激ニヨツテ谷々ガ許サレル範圍ニ於テ屈曲ヲ現シ、固定部ヨリ遠ザカレルモノ程其ノ復元ノ程度ハ累加サレルカラ、軸全體トシテ最大 180° 迄ノ振曲ガ現レ得ルワケデアアル。併シ乍ラ實際振曲ニ際シ各細胞ノ生長ハ主トシテ長軸ノ方向ニ行ハレルモノデ、回旋ニヨツテ莖又ハ根ガ傾斜サレル時ト同様、苗極ノ方デハ下側ガ、根極ノ方デハ上側ガ伸長生長ヲ促サレ、其ノ一端ガ固定サレテ居ル場合ニハ兩者ガ偶力ノ如ク作用シテ、第 32 圖ニ模型のニ示ス如ク軸ノ振レヲ來スニ至ルト解スル方ガ、或ハ事實ニ近イカモシレヌ (52, S. 206 参照)。然ラバ此ノ種ノ振曲モ亦一種ノ屈地性現象トシテ組織ノ屈曲ヲ起サシムルモノデアルガ、之ニヨツテ軸ニ屈曲



第 31 圖 背腹性器官ノ重力振曲ヲ各横斷面ニ於ケル直向性單位ノ屈地性ヲ以テ説明セル模型圖。
軸ヲ 90° 回旋シ一端ヲ固定セル場合。直向性單位ノ黒キ方が根極。
(Rawitscher ニ據ル)



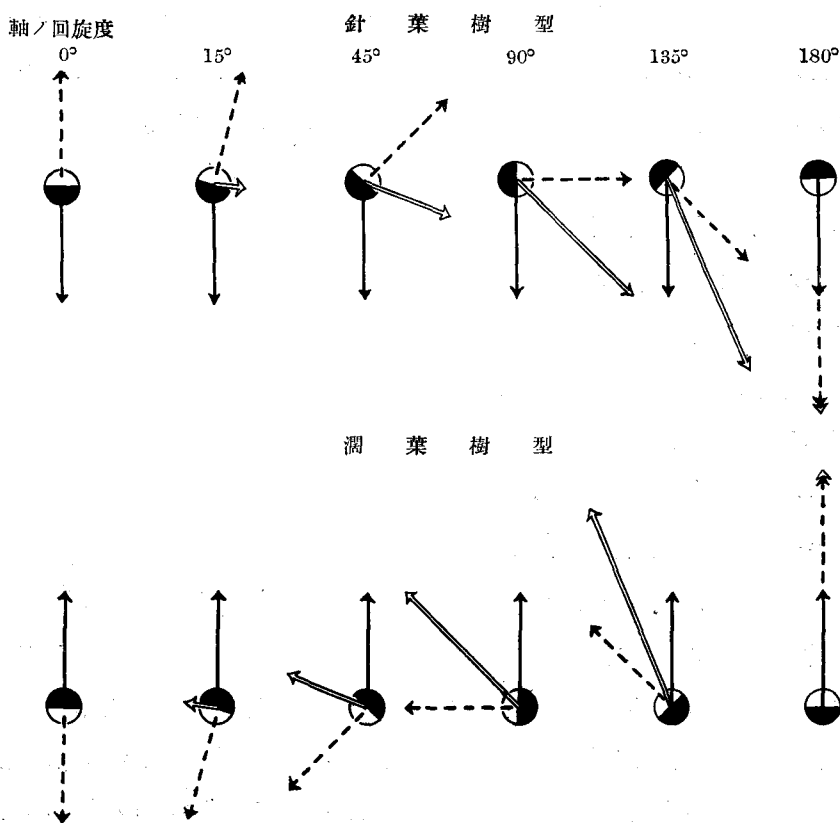
第 32 圖 背腹性器官ノ重力振曲ヲ兩極ニ於ケル組織ノ屈地性屈曲ヲ以テ説明セル模型圖。
軸ヲ 90° 回旋シ一端ヲ固定セル場合。縦線側ガ根極。
(Rawitscher ニ據ル)

1) 但シ Metzner ノ斜向性ヲ表式式ハ向地性ニ就テノミ此ノ重力調律性ノ影響ヲ考慮スルモノデ、此ノ場合ノ説明法トハ全然別デアアル事ハ言フ迄モナイ。

ヲ來スモノデハナイ。而シテ此ノ場合ノ振曲ハ軸ノ回旋度ニ比例シテ増加スルガ、回旋ニ伴フ偏心生長ノ方向ニハ直接カカル關係ガ認メラズ、兩者ノ間ニハ何等注意サルベキ類縁モ見出サレナイ。

側枝ノ回旋ニ際シテハカカル振曲ノ他ニ尙屈曲モ現レル。而シテ振曲ノ影響ヲ除キテ考フレバ、其ノ屈曲方向ハ脊側伸長性ニ屈地性ノ組合ハサツタモノト見ラレル。Rawitscher ハ前ニモ述べタ様ニ屈地性ハ軸ノ側ニ關係ナク、脊、腹或ハ横側ノ何レノ側ヲ刺戟スルモ同様ニ重力方向ニ從テ屈曲ヲ起スモノトシテ居ルガ、肥大生長ニ於ケル重力偏心性ニ就テモ亦之ト同様、何レノ側ニモ現レ且之ガ軸ノ側ニ固定セル偏心性タル脊側或ハ腹側肥大性ト合成シテ肥大生長ニ偏倚ヲ起スモノトスルト、軸ヲ回旋セル場合ニハ兩者ノ作用方向ハ互ニ或ル角度ヲナシテ交リ、其ノ合力ノ方向モ亦重力ノ方向ヨリ離レル事ニナル。今兩者ノ強サガ一垂直面内ニ於テ均衡セルモノト考ヘラル、休止

位ノ傾斜角ヲ保チ軸ヲ回旋スル時ハ、兩者ノ強サハ同一デアルカラソノ合力方向ハ第33圖ニ示ス如キ關係ヲ以テ回旋度ト共ニ變化スルガ、之ヲ實驗的ニ求メタル偏心生長ノ傾向ト對照スルニ、前ニ示シタ第13圖ニ見ラル、如クヨク此ノ豫想ニ一致スルモノデアル。¹⁾ 均衡位以外ノ傾斜位ニ於テハ兩因



第33圖 側枝ノ軸ノ回旋ニヨル偏心生長ヲ重力偏心性ト固有偏心性ノ合成ニヨツテ説明スル模型圖。

黒箭ハ重力偏心性、破箭ハ固有偏心性、白箭ハソノ合力方向、圓ノ黒半側ハ針葉樹型ニテハ腹側、闊葉樹型ニテハ背側ヲ示スモノトス。

- 1) 回旋度 0° ノ場合、第13圖ニデハ猶弱度ノ偏心生長トアテノ形成ヲ認メルモノデアルガ、之ハ後ニ述ベル如ク、自體ノ荷重ニヨツテ自然ニ於ケル側枝ノ静止スル位置ガ正シイ偏心性ノ均衡位ヨリ稍々下位、即チ重力偏心性ノ固有偏心性ヨリ幾分大ナルトコロニアル爲ト解サレル。

子ノ強サガ異ナル爲、其ノ合力方向ヲ簡短ニ求メル事ハ出來ナイガ、適宜兩者ノ強サヲ知ル事が出來ルナラバ、同様ノ關係ヲ以テ偏倚ノ方向ヲ求メル事が出來ルデアラウ。

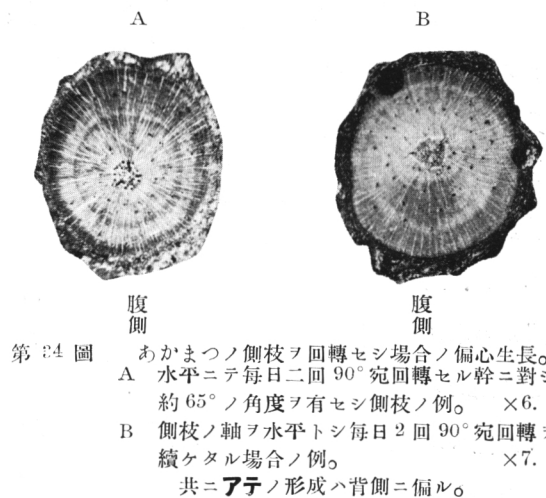
2. 固有偏心性ノ成立ト其ノ二次的變化

上述セル如ク側枝ノ偏心生長ガ傾向上幹ニ對シテ特異ナル所以ハ、側枝ニ於テ脊側、或ハ腹側肥大性ナル固有ノ偏心性ガ存在シ、之ガ重力偏倚性ニ合成シテ現レル爲ト解スル時ヨク説明シ得ルモノデアル。然ラバ此ノ假定ハ實驗的ニドノ程度迄眞實性が認めラレルモノデアラウカ。以下實驗ニヨツテ之ガ證明ヲ試ミ、固有偏心性ナルモノノ本質ニ關シテ更ニ考察ヲ進メテ見ヤウ。

固有偏心性ノ實在ハ脊側伸長性ノ證明ニ際シテ行ハレタルト同様、重力ノ一方的作用ヲ除去セル狀態、例ヘバ軸ヲ垂直ノ位置ニオケル時、或ハ水平植物回轉機ニヨツテ回轉セル場合等ニ認めラレル筈デアル。此ノ内前者ノ場合ニ就テハ既ニ述ベタ實驗結果(第10—12圖)ニヨツテ明カナルトコロデアルガ、後者ノ例トシテ著者ハあかまつ及ビたうかへでノ第一次側枝ヲ水平ニ保チ毎日朝夕 90° 宛回轉ヲ續ケテ見タノニ前者ニハ脊側ニ、後者デハ腹側ニ顯著ナルアテノ形成ト肥大生長ノ偏倚ガ認めラレタ(第34圖)。

脊側並ビニ腹側肥大性トハ夫々形態の上側並ビニ下側ニ肥大生長ノ偏倚スル性質ヲ意味スルモノデ、要スルニ一種ノ生理的脊腹性現象ト見ラレルモノデアルガ、必ズシモ軸ニ形態的ニ脊腹側ノ區別ノ認めラレル事

ヲ條件トスルモノデハナイ。併シ此ノ偏心性ハ側ニヨリ生長ノ相違ヲ生ズルガ故ニ結果トシテハ勿論軸ニ形態的脊腹性ヲ附與スル事ニナル。側枝ニハカカル偏心生長ニヨル單軸相稱ノ形ノ他、皮部ノ上側ノ柔細胞ニ葉綠體ヲ増加シ、或ハ下側ニ特ニ皮目ヲ發達スルモノ等ガアル。更ニ著シイノハ之ヨリ出ズル器官ノ排列及ビ大イサノ相違デアル。之等ニヨル廣イ意味ノ脊腹の形態ハ程度ノ差コソアレ殆ドスベテノ側枝ニ認めラレルモノデ、其ノ成立ノ原因ハ夫々ノ場合ニヨツテ一樣デナカラウガ、内因的トシテ考ヘラレル例トシテハ、Tilia, Fagus等ノ側枝ニ於テ芽ノ時代既ニ葉序ノ二條の構造ヲ備ヘ、伸長中ノ外的條件ニヨツテ全ク放射的構造ニ改變スル事ノ出來ナイモノガアル。尤モ之等モ後天的ニ或ル程度迄ハ變化サレル傾向ガアリ、針葉樹ノ如キハ寧ろ芽ノ伸長當時ノ外因



第34圖

腹側

腹側

あかまつノ側枝ヲ回轉セシ場合ノ偏心生長。
A 水平ニテ毎日2回 90° 宛回轉セル幹ニ對シ
約 65° ノ角度ヲ有セシ側枝ノ例。 $\times 6$ 。
B 側枝ノ軸ヲ水平トシ毎日2回 90° 宛回轉ヲ
續ケタル場合ノ例。 $\times 7$ 。
共ニアテノ形成ハ背側ニ偏ル。

ニヨツテ脊腹相稱軸ノ定マルモノガ多イト言フ(52, S. 238)。而シテ此ノ外因タル因子ニハ重力、光等ガ特ニ主要ナルモノニ數ヘラレテ居ル。

形態的脊腹性ハ由來生理的脊腹性ノ分化ニヨツテ現レルモノデアルカラ、一見兩者ノ相稱軸ハ相一致シ、其ノ原因亦相通ズベキモノノ如ク思ハレルガ、形態的脊腹性ニハ此ノ他直接ノ外的刺戟ニヨツテ成立スルモノガアリ、重力振曲(Geotorsion)、脊側伸長性、或ハ肥大生長ニ於ケル固有偏心性等ニ就テ認メラル、生理的脊腹性ト必ズシモ其ノ相稱軸ノ方向ヲ同ジウスルトハ限ラナイ。併シ生理的脊腹性ノ分化ヲ來ス因子ニ就テハ同様に及ビ外的ノ兩方面ニ求メラレルモノデ、Tilia, Fagus 等ノ側枝ヲ芽ノ時代ヨリ植物回轉機ニヨツテ回轉シ、重力及ビ光ノ一方の影響ヲ除去スルモ、猶伸長ニ際シテ脊側伸長性ヲ現スト言フガ如キハ内因ニ基クト見ラル、例デアル¹⁾。而シテ外因ドシテハ重力、光等重要ナルモノトシテ舉ゲラレルデアラウ。何レニセヨ一度分化セル生理的脊腹性ハ長ク其ノ器官ノ側ニ即シテ固定サレルモノデ、此ノ性質ニ基イテ現レル現象ハ假令二次的ニ軸ノ位置ガ變化スルモ容易ニ傾向ヲ改メナイモノデアル事ヲ約束スル。此處ニ普通ノ刺戟現象トノ區別點ガアル。今例ヲ重力性脊側伸長性(Geopinastie)ト屈地性トニトツテ、此ノ關係ヲ説明スルナラバ、兩者ハ等シク軸ノ横斷方向ニ一方的ニ作用スル重力ニヨツテ軸ニ分極狀態ヲ來セルニ基ク點ニ於テ一致スルモノデアルガ、前者ノ分極狀態ハ永ク固定サレ、常ニ脊側、此ノ場合上側ニ當ル側ガ伸長スル性質ヲトリ、二次的ニ軸ノ重力方向ニ對スル關係ガ變化シ、脊側ガ上側ヨリ離レタル場合、或ハ重力ノ一方的作用ノ消失セル場合ニアツテモ、一度固定サレタル脊側ニ伸長スル性質ハ失ハレナイノニ對シ、後者ハ重力ノ刺戟ノ存スル時ニノミ、其ノ作用方向ニ從テ發現シ、刺戟ノ消失スルト共ニ若干ノ後作用ハ認メラレルガ速ニ消失スルモノデアル。從テ此ノ點ノミニ就テ言ヘバ、兩者ノ相違ハ分極狀態ノ固定度ノ相違ニ過ギヌト言フ事ナリ、前者ハ後者ノ後作用ノ非常ニ長イ場合ト解シテ解サレヌ事ハナイ。勿論重力性脊側伸長性ト雖モ、其ノ強サ及ビ固定度ハ之ガ成立ニ與ル重

1) Wiesner (1896) (65) ハ前ニモ述べタ様ニ(4頁)、側枝ハ母軸ニ對スル側ニヨツテ内因的ノ偏心性ヲ有スルトシ、針葉樹ニテハ母軸ト反對ノ側ニ生長偏倚シ(Exotrophie)、潤葉樹ニテハ母軸ニ對スル側ニ生長著シクナル(Endotrophie)ト稱シテ居ルガ、著者ノ實驗ニヨレバ前者ニハ背側肥大性ガ、後者ニハ腹側肥大性ガ認メラレルモノデ、第一次側枝ノ場合 Wiesner ノ所說ト其ノ關係全ク逆デアル。又彼ハ第二次側枝ニ就テモ母軸タル第一次側枝ニ對スル側ニヨリ、同ジク Exo- 或ハ Endotrophie ガ成立シ、之ガ重力ニヨル下側又ハ上側肥大性ト合成シテ生長偏倚ノ方向ハ針葉樹ニ於テハ外下側ニ、潤葉樹ニ於テハ内上側ニ向フト述ベテ居ルガ、著者ノ觀察ニヨレバカカル傾向ハ認メ難ク、只第一次側枝ガ自然ニ於テ多クノ場合次第ニ傾下スルガ爲、其ノ横ニ水平ニ出ル第二次側枝ノ軸ヲ回旋スル事トナリ、之ニ伴ツテ生長偏倚側ガ横側ニ向ヘル例ハ屢々見ラレル。

力ノ作用ノ量ニ關係スルモノト考ヘラレルガ、一度固定セル此ノ性質ハ屈地性ノ如ク軸ノ重力方向ニ對スル傾角ニヨツテ發現ノ程度ヲ異ニスルモノデハナイ。

斯ノ如ク生理的脊腹性ハ器官ノ側ニヨツテ固定セル性質デアルガ、併シ絶對不變的ニ固定セルモノデハナイ事ハ側枝ヲ長期間植物回轉機上ニオキ重力ノ一方的作用ヲ除ケル場合、或ハ挿木トシテ母體ヨリ切り離セル時等ニ次第ニ其ノ斜向性が減少スルト言フ多クノ實驗例 (52, S. 116) ニヨツテモ察セラレルトコロデアル。而シテカカル生理的脊腹性ニ變化ヲ來サシムベキ原因ハ、脊腹性ヲ附與セシ原因ト同様、亦內的及ビ外的ニ分チテ考ヘラレ、內的ニハ器官相互ノ相關々係ノ變化ガアリ外的ニハ重力・光等外因タルベキ因子ノ作用方法ノ變化ガアル。

樹木ノ肥大生長ハ同一横斷面上長期間ニ互ツテ行ハレ、偏心性ヲ現スニ際シテモ、傾動性ノ場合ノ如ク多數ノ古イ枯死セル要素ニヨツテ妨ゲラレルモノデハナイカラ、固有偏心性ハ他ノ生理的脊腹性現象ニ比シ二次的ノ變化ヲ受ケル機會が多イトセネバナラス。

此ノ固有偏心性ノ變化ノ問題ニ關シ著者ハ次ノ如キ場合ヲ選ンデ實驗ヲ試ミテ見タ。

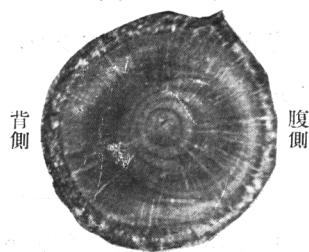
a. 側枝ヲ水平ニ於テ長期間回轉セル場合

あかまつ及びびのきの第一次側枝ヲ用ヒ、軸ヲ水平ニ保チテ毎日 90° 宛 2 回 2 生長期ニ互リ回轉ヲ續ケテ見タノニ、實驗ノ初期ニ於テハ前ニ述ベタ様ニ (38 頁) 何レモ脊側ニ著シク生長偏倚スルガ、次第ニ不明瞭トナリ、**アテ**ハ遂ニ認メラレナクナルカ或ハ全周ニ弱度ニ生ズル様ニナル。此ノ時期ハ部分ニヨツテ相違シ一般ニ若イ部分程早く、あかまつノ 2 年生軸デハ 2 年目ノ初又ハ中頃ニ來ル。

又毎日 180° 宛回轉シテ脊腹側ヲ交互ニ上面セシムルカ、或ハ常ニ水平ノ方向ニ横面セシムル時ハ、前ト同様初期ニハ明カニ脊側肥大性が現レルガ次第ニ減退シ、代ツテ上下兩側ニ同程度ニ生長偏倚スル傾向ヲ生ジテ來ル。此ノ内横側ヲ交互ニ刺戟セル場合ノ初期ノ偏心傾向ハ第 35 圖ニ示ス如ク、水平ニテ 90° 回旋セル時ノ偏心傾向 (第 14 圖參照) ヲ上下ニ複合セル形ト見ラレ、後次第ニ偏倚方向ガ上下側ニ分レテ來ルノハ脊側肥大性ノ分力が次第ニ減少シテ來ル爲ト解サレヤウ。

b. 側枝ヲ垂直位ニ長期間保テル場合

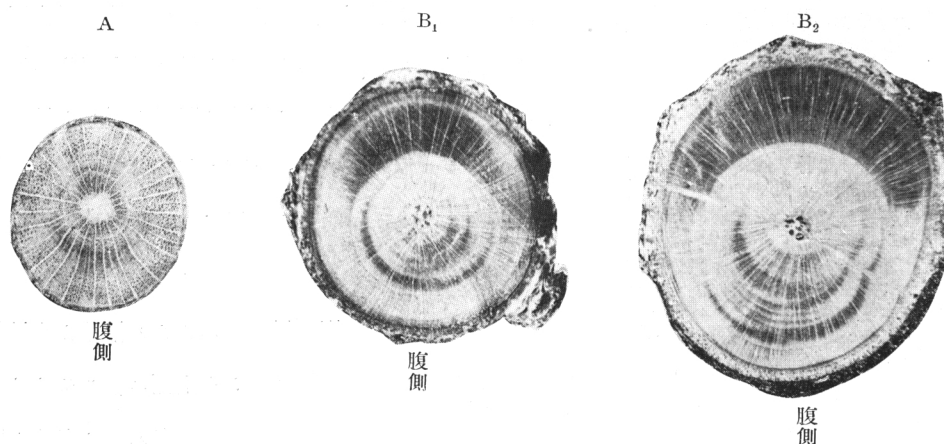
すぎノ第一次側枝ヲ用ヒ垂直ニ上向或ハ下向シテ、母幹ニ並行ニ保チ、3 生長期ノ後其ノ偏心生長ノ傾向ヲ調査シテ見タノニ、何レモ脊側ニ偏倚シ、且生長次第ニ衰ヘテ 3 年目ニハ全ク停止シテ居タ。而シテ此ノ生長減退ハ下向セルモノニ於テ特ニ著シ



第 35 圖 ひのきの側枝ノ軸ヲ水平位ニオキ 90° 回旋シ、更ニ之ヲ 24 時間毎ニ 180° 宛回轉シテ 2 生長期間繼續セル場合ノ偏心成長。初メ背側ニ強度ニ生長偏倚スルモ次第ニ**アテ**ノ形成側ハ上下ニ分離シ來ル。×12

4。(後述第8表参照)。

次ニ母幹ヲ傾斜シ、ソノ上側ノ側枝ヲ垂直ニ上向セシメテ3生長期ヲ保ツテ見タノニ母幹ノ傾斜大ナル場合程、側枝ノ肥大生長ハ著シクナリ、僅ニ母幹ヲ15°傾斜セルノミニテモ枝ハ3年目迄ヨク生長スル。而シテ母幹ヲ水平迄傾斜セル例ニテハ側枝ノ生長次第ニ旺盛トナリ、同時ニ脊側肥大性ヲ減少スル傾向ヲ現シ、甚ダシキハ1年目、多クハ2—3年目ニ於テ全ク同心的ニ生長スル様ニナリ、**アテ**ノ形成ハ認メラレナクナル(第36圖)。而シテ其ノ先端ニ生ズル新ラシキ芽ハ外部の形



第36圖 母幹ヲ傾斜シ、其ノ上側ニアル側枝ヲ垂直ニ上向セシ場合ノ偏心成長。

- A すゞかけのきノ例。断面ハ基部ヨリ15cmノ位置。**アテ**ハ初メ腹側ニ現レルモ當年中ニ消失スル。×4。
 B すぎノ例。B₁ハ基部ヨリ30cm。**アテ**ハ初メ背側ニ現レルモ次第ニ弱度トナリ2年目ニハ全ク形成セズ。
 B₂ハ同シ側枝ノ基部ヨリ12cmノ断面。**アテ**ハ2年目ニ於テモ猶顯著ニ背側ニ生ゼルヲ見ル。×8。

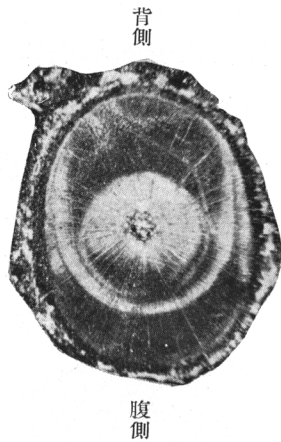
態ニモ放射型ヲ帶ビ、且斜向性ヲ失フ。

ななめのき、すゞかけのき等ノ潤葉樹ノ若イ枝ニ就テ行ツタ同様ノ實驗デハ1年目ノ後期既ニ腹側ヘノ偏倚傾向ヲ失ヒ、先端ハ直向性ヲ示ス様ニナル(第36圖A)。

c. 側枝ヲ上向セシメ且母幹ヲ傾斜シテ長期間保テル場合

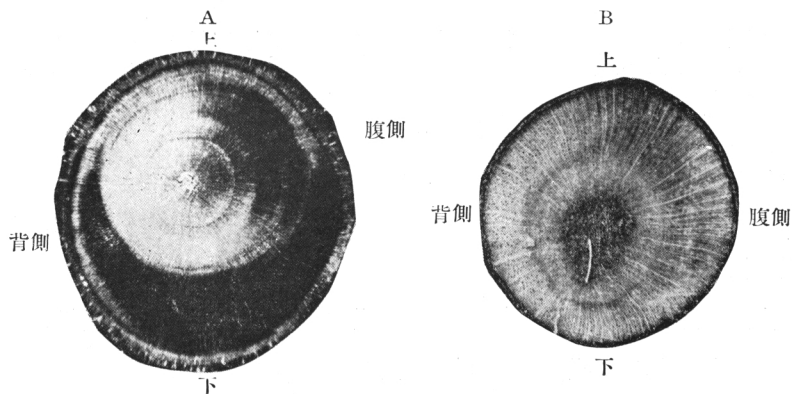
すぎ、ひのきの側枝ニテ約70°ノ傾斜角ヲ有セルモノヲトリ約40°位迄上向シ、且其ノ母幹ヲ水平迄傾倒シテ3生長期ヲ保ツテ見タノニ、初期ニハ第11圖ニ示セル如ク明カニ脊側ニ生長偏倚スルガ、後、多クハ2年目ノ内ニ再ビ腹側ニ生長偏倚スル様ニナル(第37圖)。尤モ古イ部分デハ3年後ニモカカル偏倚側ノ轉向ヲ現サナイモノモアル。又潤葉樹ノ場合デハ此ノ變化極メテ早く、若イ部分ハ當年中ニ既ニ幹ノ傾向ヲ帶ビテ來ル。

d. 側枝ノ軸ヲ或ル角度回旋シテ長期間保テル場合



第37圖 すぎノ母幹ヲ傾斜シ其ノ上側ニアル側枝ヲ上向シテ 40° ノ傾斜角ニ保テル場合、生長偏倚側ノ變化セル例。 $\times 10$ 。

斷面ハ若キ先端ニ近キ部分。初メ背側ニ著シク生長偏倚スルモ次第ニ弱度トナリ、2年目ノ後半ニテ偏倚側ガ腹側ニ轉セルヲ見ル。



第38圖 側枝ノ軸ヲ回旋セル場合ノアテノ形成側ガ長期ノ間ニ次第ニ推移スル例。

A すぎノ側枝ヲ約 100° 回旋シ、3生長期ヲ經過セルモノ。

アテハ初メ背下側ニ生ズルモ2年目ニハ略々正シキ下側ニ移レルヲ見ル。 $\times 7.5$

B なゝめのきノ側枝ヲ約 90° 回旋セルモノ。アテハ初メ腹上側ニ生ズルモ次第ニ上側ヘ推移シ當中ニ殆ド正シキ上側ニ來ルヲ見ル。 $\times 7.5$

關シ、次ノ如キ實驗ヲ補ツテ見タ。

c. 側枝ノ軸ヲ二度回旋セル場合

側枝ノ軸ヲ回旋スル時ハ初期ニ於テハ常ニ先ニ示シタ第14.15圖ニ見ラル、如キ方向ニ生長偏倚ヲ起スモノデアルガ、長期間其ノ位置ニ保ツ時ハ第38圖ノ例ノ如ク次第ニ偏倚側ガ針葉樹型ニテハ下側ニ、潤葉樹型ニテハ上側ニ移動シテ來ルノガ認メラレル。尙此ノ際針葉樹ニ於テ屢々偏倚側ガ正シキ下側ヲ超シテ反對ノ方向ニ移リ、再ビ正シキ下側ニ向ツテ返リ、振子ノニ偏倚側ノ變化スル例ヲ見ルガ、之ハオソラク軸ニ重力振曲ガ起リ、下ニ述ベル如キ、二次的ノ回旋ノ關係ガ現レタ爲デアラウ。又カカル偏倚側ノ推移ニ際シ年輪界ヲ界トシ、或ハ一年輪内ニアツテモ明カナル層ヲ示シテ急激ニ變化スル例ガ多イ事ハ注目サレル現象デアル。而シテナめのき、すすかけのき等潤葉樹ノ場合デハカカル推移ガ比較的早ク現レ、1年目ニ於テ既ニ正シキ上側ニ移ルモノノ多イ

事ハ前ノ實驗ト同様デアル(第38圖B)。

以上ノ諸事實ハ何レモ固有偏心性ガ重力ノ作用方法ノ變化ニヨツテ消長スル事ヲ物語ルモノト見ラレルガ、更ニ重力ノ作用方向ノ變化ニ際シ新ラシキ重力方向ニ從テ二次的ノ固有偏心性ガ分化スルモノデアルカ如何カニ

あかまつ及びすぎノ側枝ヲ用ヒ軸ヲ一度約 60° 回旋シ、2 生長期ヲ經過セシメテ後再び回旋度ヲ 20° 迄返ス。カクシテ現レル肥大生長偏倚ノ状態ヲ檢スルニ第 39 圖ニ示ス如ク 2 回目ノ回旋ニ際シテハ最初ノ脊腹相稱軸ノ回旋關係ニヨラス、1 回目ノ回旋當時ノ重力方向ヲ脊腹相稱軸トシ、ソノ回旋ノ關係ニ從フ如キ偏心生長ヲ現シテ居ル。尤モ古イ部分デハ依然最初ノ脊腹相稱軸ノ回旋ノ關係ニ從フ傾向が見ラレルガ、之ハ原ノ固有偏心性ノ固定度が高く、新ラシイ固有偏心性ノ分化ヲ見ルニ至ラナカツタ爲ト解サレル。

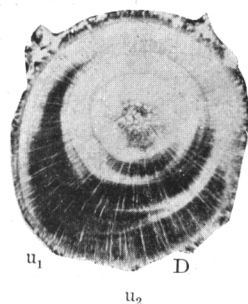
f. 側枝ノ軸ヲ回旋シ 1 生長期ノ後傾斜角ヲ變化セル場合

同様ノ材料ヲ以テ先づ水平ノ附近ニ於テ軸ヲ 45° 回旋シ、1 生長期ヲ保チ、後傾斜角ヲ 30° ニ迄上向シ、ココニ現レル偏心生長ヲ檢シタノニ第 40 圖ノ例ノ如ク回旋後ノ上側ニアテヲ生ジ、原ノ脊側ノ方向ニ從ハナイ。又最初ニ 180° 回旋セル例ニ就テ見テモ同様ノ結果ガ認メラレタ。

即チ上記兩實驗共、重力ノ作用方向ヲ變化シテ長時間經過セシムル時ハ、次第ニ新ラシキ重力方向ニ從テ二次的ノ重力性固有偏心性ガ成立スル事ヲ示スモノト見ラレヤウ。

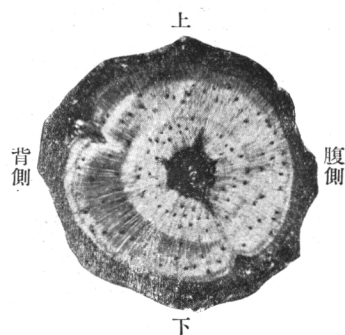
然ラバ更ニ元來生理的放射性デアル直向性ノ幹ニ於テモ、長期間ニ互リ重力ヲ一方的ニ作用セシムル時ニハ矢張りカカル脊腹性が附與サレルモノデアラウカ。若イあかまつノ幹ヲ傾斜シテオクト重力偏心性ニ基ク偏心生長ニヨツテ軸ハ脊腹ノ區別ガ出來ル様ニナル。併シ之ハ生理的脊腹性ト直接ノ關係ガアルワケデハナイ。更ニ之ヲ長期間同ジ位置ニ保ツテオクト偏心生長ハ傾斜當時程顯著デナクナリ、アテノ形成モ次第ニ不明瞭ナルガ、此ノ現象ハ果シテ重力ノ作用ニヨツテ脊側肥大性が成立シ、重力直接ノ刺激ニ基ク重力偏心性ヲ制限スルニ至ルニヨルモノデアラウカ。之ニ應ヘルガ爲ニ著者ハ次ノ如キ實驗ヲ行ツテ見タ。

g. 幹ノ傾斜角ヲ二度變化セル場合



第 39 圖 すぎノ側枝ノ軸ヲ 60° 回旋シ、2 生長期ヲ保チテ後更ニ回旋度ヲ 20° 迄返セル場合ノ偏心生長ノ例。 $\times 6.5$ 。

D ハ腹側、 u_1 ハ最初ノ回旋時ノ下側、 u_2 ハ 2 回目ノ回旋時ノ下側ヲ示ス。2 回目ノ回旋ニ際シ生長偏倚スル側ハ D ニ關係ナク、 u_1 ヲ腹側ト見做セル場合ニ相當スル傾向ヲ示ス。



第 40 圖 あかまつノ側枝ノ軸ヲ 90° 回旋シ 1 生長期ノ後傾斜角ヲ 30° 迄上向セシ場合ノ偏心生長。回旋後ノ上側ニ生長偏倚スルヲ示ス。

くろまつノ若イ幹ヲ水平ニ近ク傾斜シ、4月ヨリ6月下旬迄保チテ後之ヲ上向シ、垂直、或ハ約 10° ノ傾斜角迄返ス。カクシテ現レル**アテ**ノ形成狀態ヲ見ルニ垂直トセルモノモ、猶約 10° 傾斜セルモノモ共ニ最初ノ傾斜當時上側タリシ側ニ明カニ**アテ**ヲ形成シ、後次第ニ消失スル(第41圖)。但シ之ハ2年軸迄ノ若イ部分ニノミ見ラレ、3年軸以上ノ古イ部分ニハ現レナイ。同様ノ結果ハすぎ、うりはだかへで等ニ就テ行ツタ實驗デモ認メラレタ。



第41圖 くろまつノ主軸ヲ水平ニ傾斜シ、2ヶ月ノ後傾斜角ヲ 10° 迄返セル場合上側ニ**アテ**ノ形成が現レ、更ニ之が次第ニ消失スル例。
×2

h. 幹ヲ水平ニ傾斜シ、1生長期ノ後其ノ軸ヲ回旋セル場合

あかまつ及びすぎノ若イ幹ヲ水平ニ傾斜シ1生長期ノ後ソノ軸ヲ 90° 回旋シテ**アテ**ノ形成側ヲ檢スルニ、回旋後ノ下側ヨリモ多小最初ノ傾斜當時ノ上側ノ方ニ偏ツタ側ニ生ズル傾向ガアル。

此ノ二ツノ實驗結果ハ宛モ側枝ノ場合ト同様ノ傾向ヲ示スモノデ、長期間ニ亙ル重力ノ一方ノ作用ニヨツテ、本來放射性ナル幹ニ於テモ生理的脊腹性が分化シ、脊側肥大性ノ成立スル事ヲ物語ルモノト考ヘラレヤウ。而シテ之ガ若イ部分ノミニ限ラレルト言フノハ、古イ部分程カカル生理的性質ノ轉換ガ困難トナル爲ト解サレル。

一般ニ脊腹性ヲ分化スル外的ノ因子トシテハ重力ノ他ニ尙光ガ重要ナルモノトサレテ居ル。併シ固有偏心性ヲ現ス生理的脊腹性が果シテ光ニヨツテ成立スルモノデアルカドウカ、又光ニヨツテ此ノ脊腹性が變化サレルヤ否ヤニ就テハ著者ハ未ダの確ナル材料ヲ有シテ居ナイ。

脊腹性ノ變化ヲ起ス内因的ノ場合トシテ、先ヅ第一ニ數ヘラレルノハ器官相互ノ相關々係ノ變化セル場合デアル。側枝ト母幹ニ於ケル相關々係ガ母幹ノ傾斜ニ際シテ攪亂サレルト言フ事ハ古クカラ知ラレテ居ルトコロデアルガ、前ニ述ベタ側枝ヲ上向シテ長期間保テル實驗ニテ(41頁)母幹ガ垂直ナル時ハ側枝ノ固有偏心性ハ變化シ難ク、ソノ生長ハ制限サレルノニ對シ、母幹ヲ傾斜セル時ニハ側枝ノ脊腹性ハ消失シ易ク、且生長旺盛トナルト言フ事實ノ如キモ、此ノ一例證タルモノデアラウ。

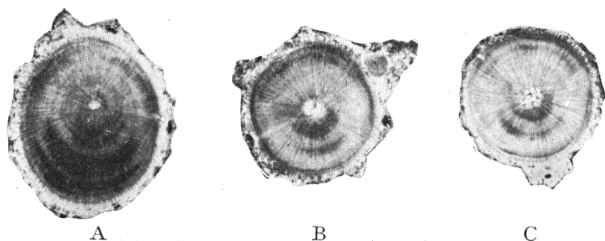
主幹ノ先端ガ障害ヲ受ケタ場合、最上部ノ側枝ガ次第ニ直向性ヲ帶ビ、形態モ漸次脊腹性ヲ失ツテ來ル。又挿木、伏條等トシテ、母體トノ關係ノ少クナツタ側枝ニモ同様ノ傾向が見ラレル。反對ニ主軸ト競争ノ位置ニ立テル側枝ハ主軸ノ分化明瞭トナリ、ソノ生長旺盛トナツタ時、次第ニ傾下スル性質ヲ現スモノデアル。Engler (13, S. 275)ノ記載ニヨルト上方ノ同側ニアル側枝ヲ截去スル時ハ下方ノ側枝ニ上向屈曲ガ起ルト言フ。之等ノ諸現象ハ何レモ母幹ト側枝、或ハ側枝相互ノ相關

關係ノ變化ニヨツテ屈地性休止位ニ變化が起ルニ基クト説明サレテ居ルモノデアル。換言スレバ之等ハ相關々係ノ變化ニ際シ生理的脊腹性が動搖シテ其ノ脊側伸長性ニ消長ヲ來スニヨルノデアル。從テ同様ノ場合、肥大生長ニ於ケル固有偏心性モ亦影響ヲ受ケルト想像サレルガ、實際如何様ニ此ノ變化が現レルモノデアラウカ。著者ハ之ニ關シ次ノ如キ場面ヲ選ンデ觀察ヲ試ミテ見タ。

A. 固有偏心性ノ減少スル場合

a. 代償梢形成 (Ersatzgipfelbildung)

すぎ、ひのき、あかまつ、たうひ等ニ就テ主軸ノ上部ヲ截去シ、最上部ノ側枝ニ現レル偏心生長ノ狀態ヲ檢シタノニ、先ヅ最初ニ見ラレル變化ハ、下側ニ急激ニ偏倚ノ程度及ビ**アテ**ノ形成が著シクナル事デアル。次イデ軸ニ上向屈曲が起ルト共ニ次第ニ偏倚ノ程度減少シ、更ニ軸ノ上向スルニ從テ偏倚ハ上側或ハ横側ニ移ルモノガ現レル (第 42 圖)。之ハ代償現象ニ際シ脊側伸長性ノ消失ニヨツテ脊地性が擡頭スルト同様、脊側肥大性が減少シ重力偏心性が著シク發現スルニ至ル爲ト解サレル。而シテ此ノ際脊側肥大性ノ消失ハ漸進的ナルガ故ニ、重力偏心性トノ均衡位モ亦漸次上向ノ位置ニ推移シ、一方脊側伸長性ノ



第 42 圖 すぎノ側枝ノ補充梢形成ニ際シ現レル**アテ**ノ例。 ×4.

6 月中旬主梢ヲ截去シ、1 生長期ヲ經タル後ノ補充梢ノ斷面。

- A. 基部。傾斜角 70° 、下側ニ著シク**アテ**ヲ形成ス。
- B. 基部ヨリ 5 cm。傾斜角初メ 60° 、後 25° 迄上向ス。**アテ**ハ初メ下側ニ現レ次第ニ消失シ。次テ上側ニ現レ之モ亦次第ニ消失ス。
- C. 基部ヨリ 15 cm ノ附近。傾斜角初メ 55° 、後 15° 迄上向ス。**アテ**ノ形成狀態ハ B ト略同様。

減少ニヨル脊地性上向屈曲モ漸次ニ進行シテ行クガ、此ノ速度ト肥大生長ノ偏心性均衡位ノ移動スル速度トハ軸ノ各横斷面ニ於テ常ニ必ズシモ一致シ得ルモノデハナイカラ、前者ガ後者ヨリ先行スル部分デハ重力偏心性ガ現レテ下側ニ生長偏倚シ、後者ガ前者ヨリ進ム時ハ固有偏心性ニ支配サレテ上側ニ**アテ**ノ形成ヲ見ルワケデアル。又脊地性屈曲ハ側枝ニ既ニ存在スル**アテ**ノ抵抗ニヨツテ圓滑ニ一垂直面内ニ進行シ難ク、屢々軸ニ振曲ヲ來シ、從テ此處ニ偏倚側ガ横側ニ移ル場合ガ生ズル事ニナル。

脊地性屈曲ガ進行スレバ軸ハ結局垂直トナルガ、此ノ屈曲ハ次第ニ基ノ方ノ部分ニモ現レ、各部ノ屈曲ガ累積シテ先端デハ却ツテ反對側ニ向ツテ傾斜シ、所謂超過屈曲 (Überkrümmung) ヲ來ス事ガアル。カカル場合勿論重力偏心性ハ新ラシキ側ニ對シテ喚起サレ、更ニ復歸屈軸 (Rück-

krümmung) が起レバ再び元ノ側ガ刺激サレル様ニナル。斯ノ如ク軸ノ振子の運動毎ニ偏心生長モ幾度カ變化スルワケデアルガ、樹木ニ於テハ屈曲ニ抵抗スル要素ガ多イ爲實際ニハ夫程屢々變化ヲ繰返セル例ハ稀デアル。

以上ニヨツテ古クカラ問題トサレテ居タ代償梢ニ現レル**アテ**ノ形成状態 (63, S. 260) ハヨク了解サレルデアラウ。而シテ生理的脊腹性が全く消失シ垂直ノ位置ヲ得タ部分デハモ早偏心生長ハ現レズ、之ヨリ出ズル新芽條ハ正常ノ幹ト何等變ルトコロハナイ。

今若シ上述ノ材料ニテ脊地的上向屈曲ノ進行ニ先立ち、人工的ニ側枝ヲ上向セシムル時ハ初メ脊側ニ強度ノ生長偏倚ヲ起スガ、次第ニ先端ヨリ此ノ傾向ヲ失ヒ、若イ部分程早く生理的放射性ヲ獲得スル。

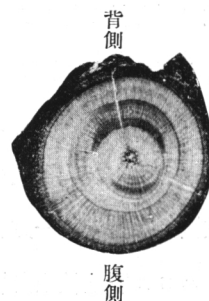
又反對ニ脊地性上向屈曲ヲ人工的ニ制禦スル時ハ、著シク下側ニ生長偏倚シ、別ノ代償芽條ガ發達スル場合ニ再び此ノ傾向ハ減少スル。之等ノ例ハ亦ヨク上記ノ理論ヲ裏書スルモノデアラウ。

尙すすかけのき、はうちはかへで等潤葉樹ノ例ニ就テ代償梢形成ノ場合ヲ觀察セルニ、代償現象ハ更ニ活潑ニ現レ、固有ノ腹側肥大性ハ早く消失スルガ、其ノトル經過ハ上述ト全く同様デアル。

b. 挿木

らんだいすぎ、ひのき、あすなろ、いちむ、すすかけのき等ニテナルベク水平ニ近イ位置ニアル側枝ヲトツテ、傾斜角及ビ回旋度ヲ種々ニ組合ハセタル位置ニ挿木シ、ソノ偏心生長ノ傾向ヲ調査シテ見タノニ、初期ニアツテハ全然母幹ニ着ケル儘行ヘル實驗ト同様ノ結果ヲ示シテ居ルガ、次第ニ固有偏心性ヲ減少スル傾向ヲ現ス (第43圖)。併シ之ハ挿付ノ傾斜角ニヨツテ異ナリ、垂直ニ近ク挿セルモノ程放射性ニ變り易イ。水平ニ挿セルモノハすすかけのき以外ハ何レモ三年目ニテ猶脊腹性ヲ保存シ、新芽ハ依然トシテ側枝ノ姿勢ニ出ル。又軸ヲ回旋セル形ニテ挿セルモノハ挿姿ニ於ケル重力方向ニ從テ二次的ニ脊腹相稱軸ヲ變化シ、之ヨリ出ル芽ハ挿姿ニ於ケル重力方向ニ從テ脊腹性ヲ現ス。一般ニ側枝ヲ以テ挿木又ハ接木セル場合、直向性ニ變化スル傾向ハ樹種ニヨリ、部分ニヨリ、年齢ニヨツテ相違ガアルト言ハレテ居ルガ、固有偏心性ノ消失ニ就テモ同様ノ事ガ

言ハレ、著者ノ觀察ニヨルトらんだいすぎ、ひのき、あすなろ等ハすすかけのき、すぎ等ニ比シ放射性ニ變り易ク、又枝系ニ就テ言ヘバ高次ノ枝程、同次ノ側枝ニアツテハ古イモノ程、ソノ固有偏



第43圖 すぎノ側枝ヲ挿木セル場合ニ生ゼル**アテ**ノ例。×4.
約10°ノ傾斜ニ挿シ2生長期ヲ經過セルモノ、**アテ**ハ初メ著シク背側ニ生ズルモ次第ニ弱度トナリ、2年目ニハ殆ド形成セズ。

心性ハ固定シテ居ルト見ラレル。

尙此處ニ注意シテオキタイノハ不定根ヲ下セル附近ニテ、**アテ**ノ形成ガ認メラレナクナル事デア
ル。概シテ**アテ**ノ形成ハ土中ニ於テ不明瞭トナル傾向ガアルガ、發根狀態トナツタ部分デハ急ニ其
ノ形成が見ラレナクナル。同様ノ現象ハ又伏條ノ場合ニ於テモ觀察サル、トコロデアル。

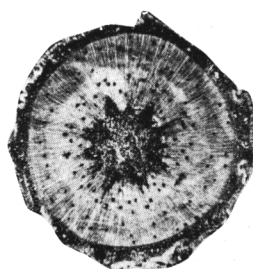
B. 固有偏心性ノ増加スル場合

Picea ノ頂芽ノ生長ガ側芽ニ比シテ遅レ、又 Pinus ノ若い時代夏芽(Johannistrieb)ノ發達ガ側芽
ノミニ現レル例ハ自然ニ於テ屢々見ラレルガ、此ノ際側枝ハ比較的上向セル位置ヲトツテ生長シ、
頂芽ノ生長ガ旺盛トナルニ及ンデ次第ニ傾下スル傾向ガアル。類似ノ現象トシテ、すぎノ如ク萌芽
シ易イ樹種ニテ、側枝ガ代償梢トナリツツアル際、其ノ基部ヨリ別ニ新ラシイ代償的ノ萌芽ガ現
レ、此ノ勢力ノ方が優勢トナツタ場合、側枝ハ再び傾下スルモノガアル。カカル材料ヲトツテ見ル
ト何レモ基部ニ脊側ヘ**アテ**ヲ形成セルノガ認メラレルガ、之ハ主軸トノ相關々係ニヨツテ側枝ニ脊
側肥大性が増加シ、重力偏心性トナス均衡位ガ次第二下向シ、一方脊側伸長性ノ増加ニヨル軸ノ傾
下ガ之ニ及バナカツタ場合ニ脊側肥大性ニヨツテカカル**アテ**ノ配置ガ現レタモノト解サレル。

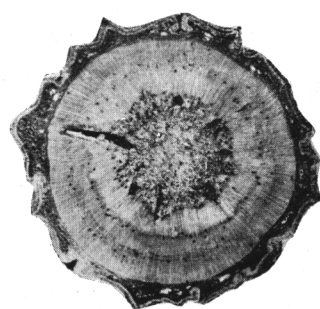
尙 Pinus ノ側枝ハ若い芽條ノ時代ニハ主軸ト並行シテ直向性ヲ示スガ、葉ノ伸ビル頃カラ次第二
基部ヨリ傾下シ斜向性ニ變リ、此ノ際ニモ基部 1 cm 附近迄上側ニ**アテ**ヲ形成スル例ガ多イ(第44
圖)。著者ハくろまつヲ材料トシテ支桿ヲ附シ、カカル軸ノ二次的傾下ヲ制限シテ見タノニ、此ノ上
側ノ**アテ**ハ著シク増加シテ先ノ方ヘ 10 cm 以上ニモ及ンデ認メラレル様ニナリ(第45圖)、又反對



第44圖 くろまつノ
側芽條ノ基部ノ上
側ニ生ゼル**アテ**ノ
例。 ×4.



第45圖 くろまつノ
側芽條ノ二次的傾
下ヲ制限セルモノ
ニテ上側ニ**アテ**ノ
形成ノ増加セル
例。斷面ハ基部ヨ
リ 5 cm ノ部分。
×4.



第46圖 くろまつノ側芽
條ヲ5月中旬人工的ニ
傾下セルモノニテ**アテ**
ガ下側ニ著シク現レ、
上側ニハ生ゼザル例。
斷面ハ基部ヨリ 5 cm
ノ部分。 ×4.

1) 此ノ側枝ノ二次的傾下ニ就キ Baranetzki (1) ハ荷重ノ増加ニヨリ機械的ニ起ルト述ベテ居ルガ
之ノミニテハ説明不十分デアル。

ニ人工的ニ早クカラ傾下シテ見タノニ**アテ**ハ遂ニ上側ニ現レズ、下側ニ強度ニ形成サレタ(第46圖)。之亦側枝ニ主軸トノ相關タ係ニヨツテ生理的脊腹性ヲ分化シ、脊側肥大性ノ成立スル爲ト見ラレルモノデアルガ、Pinus ニ於ケルカカル現象ハ主軸ニ遠イ高次ノ側枝ニアツテモ認メラレ、且或ル時期ニ至ツテ初メテ現レルモノデアルカラ、寧ろ固有ノ生長經過ニ伴フ脊腹性ノ出現ニヨルトモ考ヘラレル。而シテ最初ヨリ側枝ガ固有ノ傾角ヲトツテ伸長シ、此ノ種ノ二次的ノ傾下ヲ示サナイ多クノ樹種、例ヘバTaxus. Picea. Abies. Cunninghamia 等ノ側枝ニハ之ニ相當スル**アテ**ハ認メラレナイ。生長經過ニ從テ直向性ヨリ斜向性トナリ、或ハ斜向性ヨリ直向性ニ變ル例ハ、更ニ主軸ノ場合ニモ廣ク見ラル、モノデ、Phyladelphus, Staphylea 其他ノ多クノ灌木ニ前者ノ型ヲトルモノ多ク、Chamaecyparis, Tsuga, Fagus, Ulmus ノ如キハ後者ノ例ニ屬スル。カカル主軸ノ先端ニテ斜向性ヲ示ス部分ガ側枝ト同様固有偏心性ヲ有スルカ否カニ關シ、ひのきヲ材料トシテ次ノ様ナ實驗ヲ試ミテ見タ。

a. 傾下セル主軸ノ先端ヲ人工的ニ垂直トセル場合

此ノ結果ハ第 47 圖ニ示ス如ク初メ顯著ニ脊側ニ**アテ**ヲ形成スルガ次第ニ基部ヨリ此ノ傾向減少スル。

自然ニ於テ生長ト共ニ上向屈曲ヲ起シ軸ノ直立スル際ニモ、時トシテ傾斜當時上側タリシ側ニ**アテ**ノ形成ヲ認メル事ガアルガ、之ハ前ニ述ベタ代償梢形成ノ場合ニ述ベタルト同様ノ關係ヲ以テ説明サルベキモノデアラウ。

b. 傾斜セル主軸ノ先端ヲ回旋セル場合

先端ノ傾下セル部分ヲ 90° 回旋シ、其ノ脊腹相稱軸ヲ水平ニシテ見タノニ、此ノ際ニ現レル偏心生長ハ側枝ヲ同様ニ回旋セル場合ニ準ジラレ、偏倚側ハ常ニ斜下側ニアル。

c. 傾斜セル主軸ノ先端ヲ水平ノ位置ニオイテ

回轉セル場合

傾斜セル先端ノ部分ヲ水平ニ保チ、毎日 90° 宛 2 回回轉ヲ繼續シテ見タノニ前ニ述ベタル側枝ノ例(38 頁)ト同様初メハ著シク脊側ニ**アテ**ヲ生ズルガ、長期ニ互ル時ハ次第ニソノ形成弱度トナツテ全周ニ擴散シテ來ル。

同様ノ實驗ヲ更ニはひびやくしん Juniperus procumbens Sieb. ニ就テモ行ツテ見タガ結果ハ全ク同様デアツタ。

之等ノ諸事實ニ徴シ斜向性ヲ示ス部分ハ其ノ主軸タルト側軸タルトヲ問ハズ、何レモ生理的脊腹



第 47 圖 ひのきノ先端ノ傾斜セル部分ヲ人工的ニ直立セシ場合ニ生ズル**アテ**ノ例。×12. 初メ**アテ**ハ傾斜當時ノ上側ニ當ル側ニ著シク現レルモ次第ニ弱度トナリ遂ニ形成シナクナル。

性ヲ分化シ、脊側又ハ腹側ニ肥大生長偏倚スル、即チ固有偏心性ガ存スルト言フ事が出來ル¹⁾。而シテ此ノ固有偏心性ハ前述セル種々ノ場合ノ實驗例ニ據ツテ、器官相互ノ相關々係ニヨリ、或ハ生長ノ經過ニ從ヒ、更ニ又外因、特ニ重力ノ作用ニヨツテ成立シ、且之ガ成立ニ與ル條件ガ二次的ニ變化スル場合ニハ此ノ性質モ亦二次的ニ消長スルモノデアルト言ハレル。

第三節 光ト偏心性

以上述べ來ツタコロハ屈地性並ビニ脊側伸長性ニヨツテ軸ニ屈曲ノ起ル位相ニ於テ肥大生長ニモ偏倚ガ認メラレルトコロヨリ、此處ニ特殊ノ偏心性ヲ想定シ、之ガ證明ヲ試ムル事ニヨツテ展開シ來ツタモノデアルガ、生理的ニ屈曲ノ起ル場合ハ尙他ニモ種々アル。就中重要ナル關係ヲ有スルノ屈光性デアツテ²⁾、之ニ對シ屈地性ノ場合ト相似的ニ光偏心性(Phototropie)ノ如キガ想像サレルワケデ、又實際既ニ Wortmann (1887), Ball (1904) 等ハ屈光性屈曲能力ヲ有スル器官ニ於テ、光ノ一方的刺戟ニヨリ重力ヲ一方的ニ作用セシメタル場合ト同様ノ生長偏倚ガ現レルト報告シテ居ル(4)。併シ乍ラ樹木ノ場合、ココニ述ベツツアル如キアテノ形成ヲ伴フ偏心生長ガ、果シテ光ノ刺戟ニヨツテモ成立スルモノデアルカドウカハ猶確實デナイ³⁾。

著者ハ針葉樹及ビ闊葉樹ニ互ル多クノ樹種ニ就テ幹ヲ垂直ニ保チ、一側ヨリ光ヲアテ、1生長期ノ後其ノ横斷面ヲ檢シテ見タガ、何レニモ此ノ影響ニヨルト認メラレルアテノ形成ヲ確カメル事が出來ナカツタ。一般ニ莖幹部ニ於ケル屈光性刺戟ハ屈地性刺戟ニ比スレバ微弱ナモノデ、散光ノ下デハ屈地性休止位ハ光ニヨツテ夫程攪亂ヲ受ケルモノデハナイト言ハレテ居リ(1, S. 160, 51)、偏心性ニ關シテモ亦之ハオソラク同様ト考ヘラレ、假令光偏心性ナルモノガ實在スルトシテモ、以上述べ來ツタ自然光下ニ於ケル實驗結果ニ對シテ特ニ其ノ影響ヲ考慮スルノ必要ハナイデアラウ。暗室ニ於テ光ノ作用ヲ除キテ實驗スル時ハ同時ニ生理的障害ヲ生ジ生長ガ制限サレル爲、結果ヲ明カニスル事ハ出來ナイガ、著者ガあかまつノ幹ヲ水平ニ傾斜シテ2ヶ月間暗室中ニ光ヲ除外シテ置イタ例ヲ見ルニ明カニ下側ニアテノ形成ガ認メラレタ。

1) 勿論之ハ偏心生長ヲナス樹種ニ限ルモノデ、Beriberidaceae, Saxiflagaceae, Stachyuraceae, Apocynaceae, Caprifoliaceae 等ニ見ラルル重力偏心性ヲ示サナイ樹種ニハ固有偏心性モ亦認メラレヌ。

2) Engler (13, S. 265) ハ樹木ニ於ケル屈光性ヲ多數ノ樹種ニ就テ觀察シ、相當太イ部分ニ至ル迄之ニヨル屈曲能力ノ存スル事ヲ記載シテ居ル。

3) 軸ノ背腹性ニ關シテ光成形的デアルト考ヘラレテ居ルツナニ於テ垂直ノ壁ヲ劔フ莖ノ肥大成長ガ常ニ壁ニ背ク側ニ偏倚セル事が觀察サレルガ、此ノ現象ハ或ハ光偏心性ノ型ヲ示スモノデハナイカト想像サレルモ、未ダ實驗的證明ヲ經タラケデハナイ。

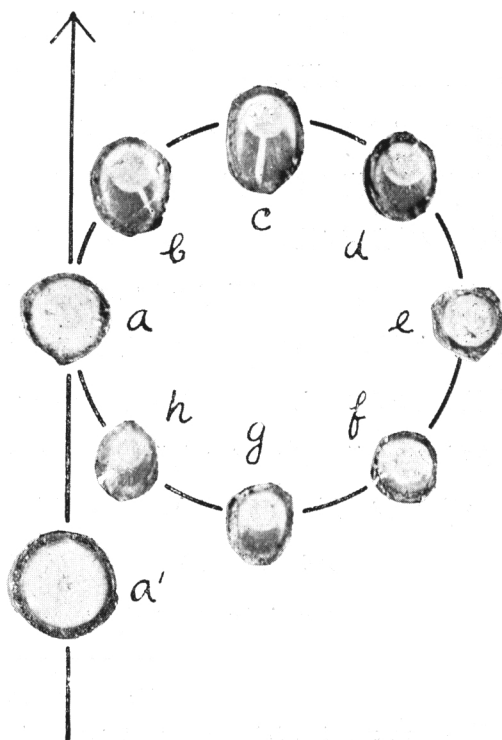
第 四 節 軸ノ彎曲ト偏心性

上述ノ如キ生理的ニ軸ノ屈曲ヲ起ス場合ノ他、機械的ニ軸ヲ彎曲セル場合ニモ肥大生長ニ偏倚ガ現レル事ハ、既ニ述ベタ多クノ彎曲試験ノ結果ニテ見ラル、トコロデアル。Bücher (4) ハ *Ricinus communis* 等ノ莖ヲ彎曲セル時、其ノ凹側ト凸側トニ生ズル組織ニ量的並ビニ質的ノ相違アルヲ認メ此ノ現象ヲ *Kamptotrophismus* トヨンダ。而シテ此ノ際ニ現レル生長異常ハ前述ノ *Geotrophismus* ノ場合ト全く同種ノ傾向ヲ有シ、兩者ガ同時ニ同一横斷面ニ現レル時ニハ互ニ合成シテ效果ヲ生ズルト言フ。今假ニ彎曲ニ際シテ自屈性ノ如キ彎曲ヲ通直ニ返サムトスル生長努力ガ起ルト考ヘルナラバ、且之ニ伴ツテ、重力偏心性ガ屈地性刺激位ニ於テ現レルト相似的ニ、同様ノ關係ヲ有スル特殊ノ偏心性ガ成立スルモノト假定スルナラバ、針葉樹型ニテハ彎曲部ノ凹側ニ、渦葉樹型ニテハ凸側ニ生長偏倚スル傾向が見ラレル筈デアル。此處ニ第二章ニ述ベタ實驗中幹ヲ水平面内ニテ彎曲セルあかまつノ例(第8圖)ヲトツテ見ルニ、

生長偏倚側ハ初メ正シキ下側ニアルモ、次第ニ彎曲ノ凹側ニ推移シテ來ル傾向ガ認メラレル。

之ヲ上記ノ假定ニヨツテ考察スルト、實驗當初ニハ著シイ重力偏心性ノ爲ニ彎曲ノ反應ハ覆ハレテ現レナイガ、カカル軸ノ傾斜位ニアツテハ重力ノ作用ニヨツテ次第ニ重力性脊側肥大性ガ成立スルカラ、之ガ重力偏心性ヲ制限スルニ及ンデ初メテ彎曲ノ影響ガ偏倚方向ヲ變化スルニ至ルト解サレ、一應ハ説明ガツク様ニ見ヘル。

更ニ幹ヲ垂直面内ニテ彎曲セル例(第48圖)ヲトツテ見ルニ、肥大生長ノ偏倚スル程度ハ圖上c部ニ於テ常ニg部ヨリ大デアル。之亦彎曲ノ刺激ガc部ニ於テハ重力偏心性ト反應方向ヲ同ジウシ、g部ニ於テハ反對ナル爲ト判斷サレルカモシレナイ。併シ乍ラ、此ノ種ノ刺激ガ夫



第 48 圖 あかまつノ芽條ヲ垂直面内ニテ輪狀ニ彎曲セル場合ノ各部ノ偏心生長。

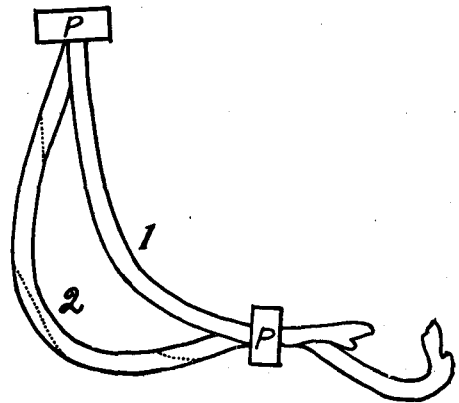
程ノ效果ヲアラハスモノデアルナラバ、重力偏心性ノ無刺激位ナルa及ビe部ニ於テモ相當ノ偏心生長ガ現レナケレバナラナイ筈デアル。然ルニ實際上此ノ部分ニ於ケル生長偏倚及ビアテノ形成ハ

軸ノ先ノ方ニ於ケル隣接横断面ノ影響ニヨルト認メラレル程度ニ過ギナイ。又先ニ引用シタ幹ヲ水平面内ニテ彎曲セルあかまつノ例ニテ、其ノ横断面ヲ仔細ニ檢スル時ハ、其ノ項下(12頁)ニモ注意シテオイタ如ク、屢々初期ニ生長偏倚セル側ガ寧ロ彎曲ノ凸側ニ移リ、次第ニ正下側ヲ經テ凹側ニ偏リ來ル傾向ガアル。實驗期間ノ短イ場合ニハ決シテカカル傾向ハ認メラレズ、常ニ正シイ下側ニノミ生長偏倚スルモノデアルカラ、之ハ長期ノ間ニ軸ニ二次的ノ振曲ガ起レルニヨルモノト見ルノ他ハナイ。事實此ノ種ノ振曲ハ Ambronn ノ所謂間接振曲 (Mittelbare Torsion) ノ形式ニヨツテ軸ニ屈地性屈曲能力ノ存スル限り起リ得ルモノデアル。スナハチ水平面内ニ於テ彎曲セル幹軸ガ兩端ニテ固定サレテ居ル場合、屈地性反應トシテ起ル著シイ下側ノ伸長生長ハ、彎曲部ニ於テ勢ヒ抵抗ノ少イ凸側ニ向ツテ組織ヲ伸長セシメ、此ノ結果第46圖ニ示ス如ク、軸ニ常ニ下側ガ凸側ヘ向フ振曲ヲ起ス。從テ此ノ場合初メ正下側ニ形成サレタアテハ振曲ト共ニ凸側ニ回り、一方長期ノ間ニハ軸ニ重力ノ作用ニヨル生理的脊腹性ノ分化ノ結果重力性脊側肥大性ガ現レ得ルカラ、之ガ振曲ニヨル軸ノ回旋ニ伴ヒ生長偏倚側ヲ彎曲凹側ニ向ハシムル事ニナル。上記ノ彎曲部ニ於ケルアテノ形成側ノ移動ハ寧ロ此ノ理論ニヨツテ解決サルベキモノデアラウ。

更ニ著者ハあかまつノ幹ヲ水平ニシテ彎曲シ、

毎日 2 回 90° 宛回轉シテ重力ノ一方的作用ニヨル重力偏心性ノ影響ヲ除キ、2 生長期ノ後其ノ横断面ヲ檢シテ見タノニ、5 ケノ材料ノ何レモニ、アテノ形成ハ不明瞭デアルガ明カニ彎曲ノ凹側ニ向ツテ生長偏倚シテ居ルノガ認メラレタ。此ノ現象ハ或ハ Bücher ノ稱セル如ク、彎曲部ニテ組織緊張 (Gewebspennung) ノ相違ガ現レ、肥大生長ノ偏倚ヲ起サシムルヲ物語ルモノカモ知レナイガ、之ニ就テハ猶研究ヲ要スル。

軸ノ機械的彎曲ニ際シテハ、上述ノ如キ意味ノ刺激ノ他、組織ハ多少ノ損傷ヲ蒙ルモノデアルカラ、直接ココニ癒傷組織ノ形成ガ促サレ異常ノ肥大ヲ見ル事ガアル。又彎曲ノ凹側ハ肥大生長ト共ニ必然形成層ノ短縮ヲ來スモノデ、各細胞ハ空間的ニ伸長生長ヲ阻害サレル事ニナリ、纖維ノ走向



第 49 圖 *Pharbitis hispida* ノ莖ニ就テ間接振曲ノ現レル例ヲ示ス。

軸ヲ水平ニシ先端及ヒ基部ヲ Plastilin (P) ニテ硝子板上ニ留メタル場合。1 ハ實驗開始當時、2 ハ 48 時間ノ後軸ニ振曲ノ起レル形。2 ノ點線ハ 1 ノ時代ニ下側タリシ側ヲ記號セルモノニシテ、之ニヨツテ著シク振曲ノ生ゼル事が認メラル。(Rawitscher ニ據ル)

ハ長サノ方向ニ屈曲シテ所謂波狀材トナル¹⁾。此ノ部分ハ針葉樹モ闊葉樹モ共ニ生長著シクナリ、年輪幅ガ廣クナルガ、之ニハ必ズシモアテノ形成ヲ伴フモノデナク、此處ニ取扱ヒツツアル偏心生長トハ自ラ別種ノ現象トセネバナラス。

第五節 偏心性ノ量の考察

以上叙述ハ著者ノ思索ノ順序ニ從テ見タ爲可ナリ紆餘スルトコロガアツタガ、要スルニアテノ形成ヲ伴フ偏心生長ハ主トシテ重力ノ刺戟ニヨル重力偏心性ト生理的背腹性ノ分化ニヨル固有偏心性トニ基クモノデアル事ハ、上述セル多クノ例證ニ徴シテ今ヤ疑ヲ容レナイトコロデアル。然ラバ之等ノ性質ハ量のニ如何ナル關係ヲ以テ發現スルモノデアラウカ。此ノ問題ニ關シテハ更ニ今後ノ研究ニ俟ツモノデアルガ、ココニ二三ノ實驗例ヲ述ベ豫備的ノ考察ヲ進メテオキタイト思フ。

1. 重力偏心性

A. 正弦法則

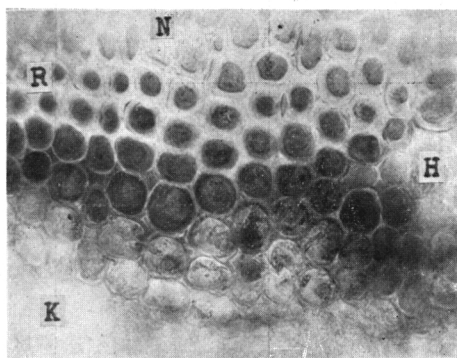
重力偏心性ハ軸ノ横斷方向ニ作用スル重力ノ刺戟ニヨツテ喚起サレルモノデアルカラ、其ノ反應ガ刺戟ニ量のニ比例スルモノトスレバ、種々ノ傾斜位ニ於テ現レル幹ノ偏心生長ノ程度ハ軸ノ傾斜角ノ正弦値ニ比例シ、即チ正弦法則ニ從フ筈デアル。之ハ第二章ノ結果ニモ述べタ様ニ概觀的ニハ略々肯定サレルモノデアルガ、果シテ正確ニ偏倚ノ率ガ正弦曲線ヲ畫キ、水平ヲ最大反應位トスルカハ猶問題デアル。屈地性ノ場合、之ニ關シテ現在說カル、トコロニヨルト、間歇刺戟法ニヨツテ實驗セル結果ハ多クノ材料ニ於テヨク正弦ノ法則ガ適用サレルガ、繼續刺戟ノ場合ニハ必ズシモ之ヲ當嵌ラズ、例ヘバ Czapek (8) ガ Fitting ニヨツテ間歇刺戟ノ場合明カニ正弦法則ニ從フト稱セラレテ居ル植物ニ就テ繼續刺戟ヲ以テ實驗シタ場合ニハ最大刺戟位ガ 120° 又ハ 135° ノ附近ニ見出サレタト言フ。之ハ既ニ述べタ Zimmermann (66) 或ハ Bremkamp (1925) 等ニヨツテ研究サレタ重力調律性縦力ノ作用ニヨルト考ヘラレ、其ノ影響ガ間歇刺戟ノ場合ニ認メラレナイノハ、縦力ノ調律的作用ガ感應ニ於テ屈地性刺戟ヨリモ大ナル時間ヲ要シ、短イ時間ニテ間歇的ニ刺戟シタ場合ニハ影響ヲ及ボスニ至ラナイ爲デアラウト説明サレテ居ル (52, S. 87)。

1) 之ハ Wimmerwuchs トモ呼バレテ居ルモノデ、根際、分枝部ノ附近等ニモ見ラレ、波狀ヲナス各組織ニ對シ Wellenholz, Wellenrinde, Wellen Kambium 等ノ語ガ用ヒラレテ居ル (34)。Hartig (22) ハ此ノ現象ニ就テ肥大成長ト共ニ形成層及ビ皮部ガ縦壓ヲ受ケル様ニナル爲ト説明シテ居リ、又 Molisch (42) ハ彎曲部ニテ凹側ノ導管ガ屈曲シ水分ノ通導ヲ妨ゲル爲、却ツテ生長不良トナルト記シテ居ル。

重力偏心性ニ對シテモカカル影響が存在スルモノデアルカドウカハ、未ダ立證スルニ足ル材料ヲ有シテ居ナイガ、あかまつノ苗木ニテ水平ニ對シ相稱ナル位置、例ヘバ 30° : 150° , 60° : 120° 等ノ組合セニテ 24 時間毎ニ反轉シ、互ニ反對ナル側ヲ刺戟シテ 2 生長期間繼續シタル材料ニ就テ、其ノ兩側ニ於ケル生長偏倚及ビ**アテ**ノ形成程度ヲ比較シテ見タノニ、兩側ニ於テ必ズシモ同様デナカツタ。併シ之ハ實驗數ニ乏シク、且個體ニヨツテ一致セル傾向ガ認メラレナイカラ、更ニ實驗ヲ繰返シテ見ル必要ガアル。

B. 反應時間及ビ示顯時間

重力偏心性ノ反應ハ生長偏倚側ニ於テ**アテ**ナル異常ノ組織ノ出現ニヨツテ判定サレルモノデアルガ、此ノ異常化ハ細胞ノ生長過程ニ於テ生ズルモノデアルカラ、判定上其ノ分化シ行ク經過ヲ明カニシテオク必要ガナル。今針葉樹ノ幹ヲ傾斜シ、横斷面ニ現レル變化ヲ日々鏡査シテ行クト傾斜後或ル期間ノ後形成層帶ノ稍、内部ニ當リ、細胞膜ノ肥厚ヲ略々完了セル假導管 2・3 層ノ膜ガ殆ド同時ニ赤褐色ヲ呈シテ來ルノガ見ラレル。其ノ内最内部ノ細胞ハ膜ノ肥厚著シカラズ。細胞間隙モ現レテ居ナイガ、之ニ次グ細胞ハ膜ノ肥厚顯著トナリ、更ニ外部ニ生ゼル細胞ニテ横斷面ノ形圓味ヲ帶ビ、細胞間隙ヲ生ジ、只膜ノ肥厚ハ未完成ト見ラレ猶薄イ。其ノ外側ノ分裂後間モナキ細胞ハ膜未ダ赤褐色ヲ呈シナイガ、細胞間隙ハ既ニ認メラレル。**アテ**ノ形成ハ此ノ時期ニ於テ初メテ誤リナク識別サレルモノデアル(第50圖)。而シテ**アテ**ノ分化ガ失ハレル場合ハ全ク此ノ逆ノ順序ヲトリ、内部ヨリ順次、圓形ニシテ細胞間隙ヲ有シ膜厚ク赤褐色ヲ呈スル典型的ノ**アテ**ノ假導管ヨリ、先ヅ膜ノ着色セザルモノガ現レ、次イデ膜ノ肥厚セザルモノヲ生ジ、更ニ細胞間隙ガ現レナクナツテ、正常ノ假導管ニ返ル。縦斷面上ニ認メラレル螺旋狀隙紋ハ膜ノ肥厚期ニ生ズルモノデアル。闊葉樹ノ場合デハ Salicaceae, Ulmaceae, Moraceae, Lauraceae, Fabaceae, Rutaceae, Anacardiaceae, Aceraceae 其他多クノ樹種ニ於ケル如ク木纖維ノ膜ニ成層ノ明瞭ナル三次的ノ膠質層ヲ分化スル例ニ就テ見ルト、先ヅ膜ノ肥厚



第 50 圖 あかまつノ幹ヲ 7 月 27 日ヨリ 7 日間水平ニ傾斜セル場合ニ現レル**アテ**ノ假導管。×300.
R 部 2—3 層ハ赤褐色ヲ呈スルモ細胞間隙ヲ生ゼズ。之ヨリ外方ノ分裂後間モナキ細胞ニテ明カニ細胞間隙現レ、且横斷面圓形ヲ呈スルヲ見ル。N: 正常材、R: **アテ**、K: 形成層帶、H: 樹脂溝。

1) **アテ**ハ心材ノ如ク完成セル細胞ガ後生ニ變化シテ生ズルモノデハナイカラ Ciesler (6) ノ記載セル如ク傾斜ノ前年ニ生ゼル年輪迄**アテ**トナル事ハナイ。

期ニアル細胞ノ最内部ニ全く木化セザル膠質層ガ現レ、次第ニ此ノ層ノ率ガ増加シテ、之ガ肥厚層ノ大部分ヲ占ムル細胞ニ移ル。此ノ膠質層ノ出現ヲ以テアテノ形成ノ標準トスル事が出來ル。

以上ノ標準ニヨツテあかまつノ苗木ニ就キ幹ヲ水平ニ傾斜シテ日々其ノ横斷面ヲ檢シ、反應ノ出現ニ要スル時間ヲ調査シテ見タノニ第4表ニ示ス如キ結果ガ得ラレタ。

第4表

アテノ形成ニ要スル時間

月 日	幹ノ傾斜後ノ日数	新生細胞ニ現レル異常		
		細胞間隙ノ出現	細胞膜ノ肥厚異常	細胞膜ノ着色
1936. VI. 24	0	—	—	—
25	1	—	—	—
26	2	(+)	—	—
27	3	(+)	—	—
28	4	+	(+)	—
VII. 1	7	+	+	+
VII. 8	0	—	—	—
12	4	—	—	—
13	5	—	—	—
15	7	—	+	+
16	8	+	+	+
VII. 27	0	—	—	—
29	2	—	—	—
31	4	—	—	—
VIII. 1	5	(+)	—	(+)
2	6	+	(+)	(+)
3	7	+	+	+
5	9	+	+	+

材料ハあかまつ3年生苗ヲ用ヒ、水平ニ傾斜シオキ、毎日3—7本宛切斷シテ2年軸ノ中央ニテ檢シタ。

之ニ就テ見ルト細胞間隙ノ現レルノハ比較的早ク2—5日ニシテ既ニ其ノ傾向ガ認メラレルモ、明カニ赤褐色ヲ呈シ、膜ノ肥厚セル細胞ノ出現ニハ5—7日ヲ要シ、確實ニ識別サレルノハ6月乃至8月ノ候ニ於テ、先ヅ7日ノ後デアルト言フ事が出來ル。而シテ7日ノ後ニハ平均シテ、細胞間隙ナク膜赤褐色ヲ呈シ稍々肥厚セル細胞2層、細胞間隙ヲ生ジ膜赤褐色ニシテ且肥厚セル典型的ノアテノ假導管1層、未ダ赤褐色ヲ呈セス膜稍々肥厚シ細胞間隙ヲ有スル細胞2層ガ認メラレル。

併シ乍ラ、此ノ反應ヲ示顯スルニハ夫レ程長イ時間ノ刺戟ヲ必要トスルモノデハナイ。同様ノ材料ヲ以テ種々ノ時間幹ヲ水平ニ傾斜シ、後再ビ垂直ニ立テ、一ヶ月ヲ保チ之ヲ切斷シテ反應ヲ示顯スルニ要スル時間ヲ檢シテ見タノニ第5表ノ如キ結果ヲ得タ。

第5表

アテノ形成ニ要スル刺戟時間

傾斜セル日	刺 戟 時 間	示顯セルアテノ層數 (固有ノ赤褐色ヲ認メルモノニテ)		
		く ろ ま つ	あ か ま つ	す き
V. 20—V. 21	1	— ^層	— ^層	— ^層
ク 20—ク 22	2	—	—	—
ク 20—ク 23	3	(3—4)	(3)	—
ク 20—ク 24	4	(3—4)	(3)	(2—3)
ク 20—ク 25	5	3—4	3—4	3
ク 20—ク 27	7	3—5	4—5	3—4
ク 20—ク 30	10	4—5	4—5	3—4
ク 20—V.I. 3	14	4—8	6—9	3—4
ク 20—ク 9	20		11—20	5—6

材料ハ何レモ3年生苗、各々5本宛トシ、水平ニ傾斜シテ刺戟セル後再ビ直立シ、6月22日迄置キテ切斷シ2年軸ノ中央ニテ檢ス。

之ニヨツテ見ルト5月下旬ニ於テハ3日間ノ刺戟ニヨツテ既ニ3層内外ノ細胞ニ不完全乍ラアテノ構造が窺レル様ニナリ、5日間ノ刺戟ニヨツテ明瞭ニ3—4層ノアテノ假導管が形成サレルト言ヘル。

C. 反應ト生長期ノ關係

言フ迄モナク此ノ反應ハ一種ノ生長反應デアルカラ、形成層ノ活動が全ク休止セル時期ニ於テ現レナイノハ當然トセネバナラヌ。今秋季凡ソ何時頃迄此ノ反應が現レ得ルモノデアルカニ關シ10

第6表

アテノ形成休止期

年 度	材 料	幹ヲ傾斜セル時期				
		X. 10	X. 20	X. 30	X. 10	X. 20
1933	あかまつ3年生	+++++	+++++	-----	-----	-----
1935	ク ク	+++++	+++++	(+)-----	-----	-----
1936	くろまつ2年生	+++++	+++++	(+)-----	-----	-----

材料ハ各5本ヲトリ水平ニ傾斜シオキ翌1月末2年軸ノ中央ニ就テアテノ形成ノ有無ヲ檢ス。

月中旬ヨリ 11 月中旬迄苗圃ニ於テ 10 日毎ニあかまつ及びくろまつノ苗ヲ傾斜シ、其ノ休止期ヲ追跡シテ見タノニ第 6 表ノ如キ成績ヲ得タ。

スナハチ 3 ケ年共 10 月 20 日前後ニ傾斜セルモノニハ猶反應能力ガ認メラレ、10 月 30 日以降ニ傾斜セルモノニハ其ノ能力ガナイト言フ事が出来ル。¹⁾

肥大生長ハ勿論立地ニヨリ、樹種ニヨリ、部分ニヨツテ、其ノ休止期一樣ナルモノデハナイガ、一般ニ 8 月末乃至 9 月ニ既ニ生長ヲ終ルモノノ如ク思ハレ (44, S. 100)、梢端ニテハ更ニ遅ク 11 月頃迄生長スルトモ言ハレテ居ル (16)。此ノ普通ノ肥大生長ノ休止期ト **アテ**ノ形成ガ現レナクナル時期トハ必ズシモ一致スルモノトハ言ヘナイカモシレヌガ、少クトモ、此ノ種ノ反應トシテノ肥大生長ハ上表ニ見ラル、如ク可ナリ晚ク 10 月中旬迄ハ起ルモノト言フ事が出来ヤウ。²⁾ 又春ノ生長開始ガ此ノ種ノ刺戟ニヨツテ促サレルモノデアルカドウカハ未ダ確カムルニ至ツテ居ナイガ、生長ノ開始ガ常ニ生長ノ偏倚スル側ヨリスル事ハ春季ニ於ケル横断面ノ觀察ニヨツテ明カデアル。

D. 刺戟ノ累積

短時間ノ刺戟ニテモ之ヲ繰返ス時ハ累加サレテ反應ヲ現スニ至ル事ハ一般刺戟現象ニ廣ク認メラレテ居ルトコロデアル。重力偏心性ニ於テモ前ニ述ベタ毎日 180°宛水平ニテ回轉ヲ續ケ、兩側ヲ



第 51 圖 ひのきの幹
ヲ水平ニ保チ毎日
180°宛回轉シテ上
下交互ニ刺戟セル
場合ニ生ゼル **アテ**
ノ例。 ×10.

間歇的ニ刺戟シタ例ニテ兩側ニ **アテ**ヲ形成セル事實ノ如キハ、此ノ傾向ヲ物語ルモノデアルガ(第 51 圖)、更ニあかまつ及びたうかへでノ苗木ヲ用ヒ、第 7 表ノ如キ時間ノ組合セニテ一側ヲ間歇的ニ刺戟

第 7 表 間歇刺戟ニヨル **アテ**ノ形成

傾斜セル時間	刺戟時間ト休止時間トノ比	あかまつ	たうかへで
午前 8—午後 0	4 : 20	++++	---
ク 8—午後 5	9 : 15	++++	---
午後 5—午前 8	15 : 9	+++	+++
隔 日	24 : 24	+++	+++

1) 此ノ實驗ニテ注意サレルノハ、1 月末各材料ノ断面ヲ檢スルニ、10 月 30 日ニ傾斜セルモノニハ殆ド全ク **アテ**ノ形成ヲ認メナイノニ對シ、10 月 20 日ニ傾斜シタモノニハ平均 10 層ノ **アテ**ガ認メラレ、シカモ之ハ 10 月 30 日頃ニ切斷シテ檢シタ場合ニハ僅ニ 2—3 層ガ認メラレタニ過ギナカツタモノデアルカラ、此ノ點カラ推シテ 10 月 30 日以後ニモ、尙生長ヲ繼續シタト思ハレル事デアル。

2) 三好技師ハひのきの就テ苗木ノ時代 9 月下旬頃迄ハ生長スル事ヲ認メ、平均氣温 15°C ヲ以テ其ノ限界トサレテ居ルガ (41)、第 6 表ノ結果モ略々之ニ近い様デアル。

シテ見タノニ、あかまつニアツテハ1日4時間宛ノ刺戟ニテ既ニ明ニ**アテ**ノ形成ガ認メラレタ¹⁾(第



第 52 圖 間歇刺戟ニヨツテ形成セシメタル**アテ**。

A あかまつノ幹、毎日4時間宛水平ニ倒シテ刺戟セルモノ。
×10.

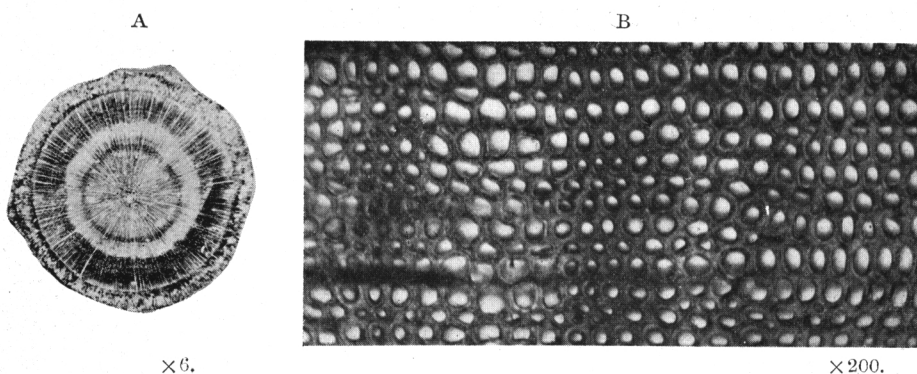
B たうかへノ幹、毎日15時間宛水平ニ傾斜シテ刺戟セルモノ。
×4.

何レモ2年目ニ於テ**アテ**ハ次第ニ弱度トナル。

52 圖)。此際注意サレルノハ圖ニテモ見ラル、様ニ**アテ**ノ形成程度ガ2年目ノ頃ヨリ次第ニ弱度トナリ、更ニ1—2年軸ノ若イ部分デハ屢々傾斜セル時ノ上側ニ當ル側ニモ**アテ**ヲ生ゼル例ヲ見ル事デ、之ハオソラクカカル間歇刺戟ニテモ長期ニ互ル間ニハ背側肥大性が成立スルニヨルモノデアラウ。

又同様ノ材料ヲ以テ幹ヲ毎日 90°

宛2回水平位ニ於テ回旋セル場合、肥大生長ノ偏倚ハ各側相補ツテ現レナイガ、**アテ**ハ第53圖ニ示ス如ク弱度ニ全周ニ形成サレルモノデアル。此ノ部ヲあかまつノ例ニ就テ鏡檢スルニ、假導管ノ



第 53 圖 あかまつノ幹ヲ水平ニシテ毎日2回90°宛回轉ヲ續ケタル場合、全周ニ**アテ**ヲ形成セル例。

A ハ2年軸部ノ横斷面、B ハ其ノ一部ヲ廓大セルモノ。**アテ**ノ解部的異常ハ弱度ニシテ、且、層狀ニ消長アルヲ見ル。

横斷面上ノ形及ビ排列ハ不規則トナリ、細胞間隙ヲ生ズル事少ク、膜ハ僅ニ肥厚シ、螺旋狀隙紋ハ辛ウジテ認メラレル程度デアリ、色モ淡イ赤褐色ヲ呈スル。又たうかへでノ例デハ全周ニ薄ク膠質層ヲ生ジテ居ル。而シテ2年目ニ於テハ肥大生長ノ衰ヘザルモノニアツテモ**アテ**ノ分化次第ニ不明瞭トナリ、遂ニ認メラレナクナルモノガ多イ。之亦前ノ例ノ如ク固有ノ背側肥大性が全周ニ擴散シ

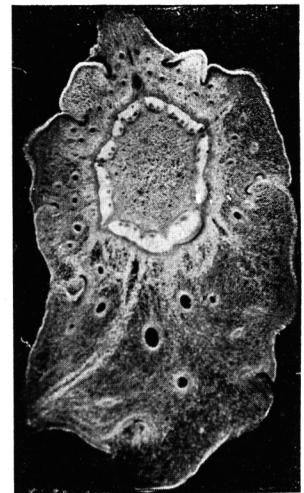
1) Ash ニ就テ Sommerville 及ビ Harper (60) モ隔日ニ傾斜方向ヲ交互シテ生長偏倚ヲ起サシメタ事ヲ記載シテ居ル。

テ成立シ、重力偏心性ヲ制限スル爲ト想像サレルガ、併シ之ニ就テハ尙一應軸ヲ直立位ニ直シテ證明シテ見ル必要ガアル。

E. 刺戟ノ感受ト其ノ傳達

第二章ニ述ベタ様ニ樹幹ヲ彎曲セル場合、彎曲各部ハ横斷面毎ニ傾斜ノ程度ニ從テ肥大生長ニ偏倚ヲ現スガ、之ハ軸ノ各横斷面ニ於テ重力ノ刺戟ヲ感受シ、且其ノ斷面ニ於テ反應ヲ起ス事ヲ示スモノト見ラレル。元來重力偏心性ハ屈地性ト同様、軸ノ横斷方向ニ作用スル重力ノ刺戟ニヨツテ起ルモノデアルカラ刺戟位、換言スレバ刺戟ノ起ル軸ノ位置ガ兩者ニ於テ一致スルノハ當然デアラウガ、其ノ反應方法ハ相異ナリ、屈地性が伸長生長ニ偏倚ヲ生ズルニ對シ、重力偏心性ハ肥大生長ニ偏リヲ來スモノデアルカラ反應ヲ起ス部分ハ必ズシモ一致スルトハ言ヘヌ。スナハチ前者ハ伸長生長能力ノ旺盛ナ、且既存ノ組織ニヨル抵抗ノ少イ若イ部分程顯著ニ現レ、後者ハ肥大生長能力ノ存スル限り古イ部分ニモ認メラレル。

此處ニ留意サレルノハ屈地性屈曲能力ニ富ムくろまつノ若イ芽條ヲ水平ニ保チ、其ノ屈地性反應ヲ制限シタ場合ニ見ラレル生長異常デアル。之ハ第 54 圖ニ示ス如ク、下側ノ組織特ニ皮層ガ著シク膨大シ、横走スル皺曲ヲ生ジ、其ノ細胞ハ大型ニシテ膜薄クナリ、葉ハ左右ニ岐レテ上方ニ向ハントスル。材部モ勿論下側ニアテヲ生ジ生長偏倚スルガ、皮層ニ於ケル程其ノ程度ハ甚ダシクナイ。此ノ現象ハ Pücher (4) ガ Geotropismus トシテ記載セルトコロト全く一致スルモノデ、彼ハ此ノ原因ヲ Kamptotropismus ノ場合ト同様ニ組織ノ緊張差ニヨルト説明シテ居ルガ、併シ實際ハオソラク屈地性刺戟ニヨツテ下側ノ組織ニ伸長生長ガ促サレ、シカモ屈曲ガ制限サレテ居ル爲此ノ縦ノ方向ノ伸長ガ空間的ニ制限サレル結果、前ニ波狀材形成ノ場合ニ述ベタル(51頁)ト同様ノ關係ニヨツテ生ゼルモノト考ヘラレ、直接重力ノ刺戟ニヨル重力偏心性現象トハ區別サルベキモノデアラウ。



第 54 圖 くろまつノ嫩芽條ヲ水平ニ保チタル場合ニ現レル生長異常。×5。
材部ヨリ更ニ皮層ニ於テ著シク下側ニ膨大シ樹脂溝其他ノ要素ガ大形トナレルヲ示ス。

重力偏心性ノ刺戟感受ノ機構ニ就テハ未ダ深く論ズルノ期デナイガ、屈地性ニ於テ問題トサレテ居ル運動性澱粉粒ノ存スルト言フ皮層ノ如キハ、樹皮トシテ既ニ枯死脱落セル後モ猶重力偏心性ハ決シテ減退スルモノデナイカラ、感受裝置トシテハ更ニ他ヲ求メナケレバナラナイ。又横斷面上、上下兩側ニ於ケル相對的ノ或ル種ノ關係ニヨツテ此ノ性質ガ成

立スルモノデモナイ事ハあかまつノ幹ヲ種々ノ方向ニ縦斷シテ傾斜シタ場合、第 55 圖ニ示ス如ク
アテが常ニソノ下半ニミ生ズル事實ニヨツテ明カデアル。又傾斜セル莖幹ニ於テ上側ト下側ニ化

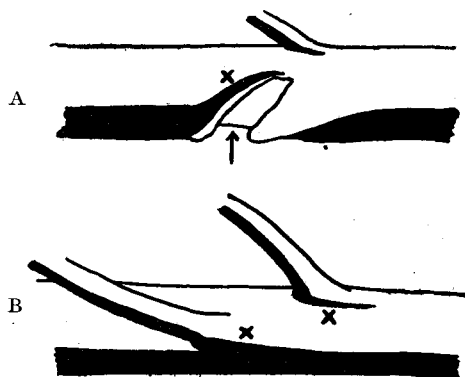


第 55 圖 あかまつノ主軸ヲ水平トシ縦斷セル場合其ノ兩半部ニ於ケルアテノ形成側ヲ示ス模型圖。

ノ減少スルノガ認メラレタ言フ (52, S. 385)。近年 Jaccard (1935) (29) ハ Esche, Birke, Ahorn, Fichte, Bergföhre 等ニ就テ永點降下法ニヨリ形成層帶ノ細胞液ノ濃度ヲ測定シ、肥大生長ノ偏倚セル側ハ常ニ濃度大ナル事ヲ報告シテ居ル。併シ之等ヲ以テ猶偏心性ノ機構ニ觸レルニハ至ラナイ。

兎モ角重力偏心性刺戟ハ各横斷面ニ於テ獨立ニ感受サレ、其ノ横斷面ニ於テ反應ヲ起スガ故ニ、反應ニ際シ必ズシモ特殊ノ感受部位ヨリノ刺戟ノ傳達ヲ必要トスルモノデハナイガ、彎曲試験ノ場合ニ述ベタル如ク、或ル横斷面ニ反應ヲ生ゼル時、之ヨリ基ノ方ニ向ヒ若干ノ距離内ニ於テ隣接横斷面ニモ、假令夫が無刺戟ナル位置デアツテモ同ジ側ニアテノ形成ヲ見ル。又針葉樹ノ側枝ノ下側ニ連ル部分ニハ幹ニアテノ形成ヲ導キ、第 56 圖ニ示ス如キ状態ニ於テモ同様ノ傾向ガ認メラレ、常ニ纖維ノ走向ニ沿ウテ基ノ方ニ影響ヲ及ボシテ居ル。之等ハ何レモ刺戟部ニアテノ形成ニ與ル何等カノ刺戟物質ガ形成サレ、之ガ基部ノ方ニ向ツテ靱皮部ノ如キヲ通り傳達サレルモノノ如ク想像セシメルモノデアル。僅カニ傾斜セル斜面内ニテ幹ヲ輪狀ニ彎曲シタ場合、前掲第 48 圖ニテ e 部ニ當ル位置ニテ肥大生長ノ偏倚及ビアテノ形成スル方向ハ常ニ傾斜ノ下側ニ沿ヒテ回り、偏倚ノ程度ハ此ノ部ガ傾斜角僅小ナルニモ拘ラズ夫程減少シナイト言フ事實モ單ナル軸ノ傾斜ノ關係ニテハ説明シ難イモノデアリ、又後ニ述ベル如ク地下ニアル根ニハ普通アテヲ形成シナイガ、幹ヲ傾斜シテ根際迄アテヲ形成セシ

學的相違ヲ來ス事ガ古クカラ Kraus, Czapek 等ニヨツテ述べラレテ居ル。(44, S. 176) Warner (1928) ガ Helianthus, Silphium 其他ニ就イテ實驗シタ結果ニヨルト軸ノ傾斜後約 2 時間ニシテ既ニ下側ニ單糖類ヲ増加シ、遊離酸



第 56 圖 アテノ形成ガ基部ノ方ニ向ツテ影響スル状態ヲ示ス半模型圖。

- A すぎノ幹ヲ水平トシ、其ノ下側ノ半周ヲ螺旋形ニ剥皮セル場合(↑)、アテノ形成ハ之ニ沿ウテ横側ニ上ル(X)。
- B すぎノ幹ヲ水平ニ傾斜セル場合其ノ上側又ハ横側ニアル側枝ニ生ズルアテノ影響ガ纖維ノ走向ニ沿ヒテ基部ノ方ニ向フ(X)。

ムル時ハ地下相當ノ距離迄根ニモ同側ニアテヲ生ジ、之亦刺戟物質ノ移動ヲ想ハシメルモノデアル。

F. 側枝ニ於ケル重力偏心性

重力偏心性ハ側枝ニ於テ常ニ固有偏心性ト合成シテ現レル爲、果シテ之ガ正弦法則ニ從フモノデアルカ、或ハ更ニ上述ノ重力調律性縦力ノ作用ヲ受ケルモノデアルカヲ明カニスルハ頗ル困難ガ多い。之一方ノ固有偏心性ニ於テ既ニ長期ニ亙ル實驗ノ間ニハ變化ガ豫想サレルモノデアリ、且之ガスベテノ重力方向ニ對スル位置ニ於テ同ジ様ニ現レルモノデアルカドウカ猶吟味ヲ要スル問題デアルカラデアル。併シ乍ラ大體ニ於テ枝ノ場合モ重力偏心性ガ水平ノ附近ニ最大デアリ、垂直ニ近ヅク程減少スル事ハ、第 14 圖ニ示ス偏心傾向ニ就キ固有偏心性ヲ假ニ同一ト見做シテ重力偏心性ノ分力ヲ求メ、推察サル、トコロデアル。

2. 固有偏心性

固有偏心性ハ背側伸長性ト同様斜向性軸ニ特有ノ性質デ、生理的背腹性ノ分化ニ基クモノデアルガ、背側伸長性ノ存在ガ屈動能力ヲ有スル若イ部分ニ限り證明サレルニ對シ、固有偏心性ハ側枝ノ基部ノ太イ部分ニモ明カニ認メラレ、寧ろ軸ノ古イ部分程其ノ固定度ハ高イモノデアル。而シテ Rawitscher (51) ガ背側伸長性ニ就キ軸ノ重力方向ニ對スルスベテノ位置ニ於テ同様ニ現レルモノデアルト稱セルガ如ク、固有偏心性モ亦內的ニ固定サレタルモノデアルカラ、之ガ二次的ニ變化スル場合ハ別トシテ、軸ノ傾斜關係ニ影響サレルモノデハナイト考ヘラレル。併シ乍ラ其ノ發現ハ一種ノ生長現象デアリ、生長現象ハ重力ノ調律的影響ヲ受ケルモノデアルトスル、之ニヨル生長偏倚ハスベテノ傾斜位ニ於テ同様デアルトハ稱シ難イカモシレヌ。

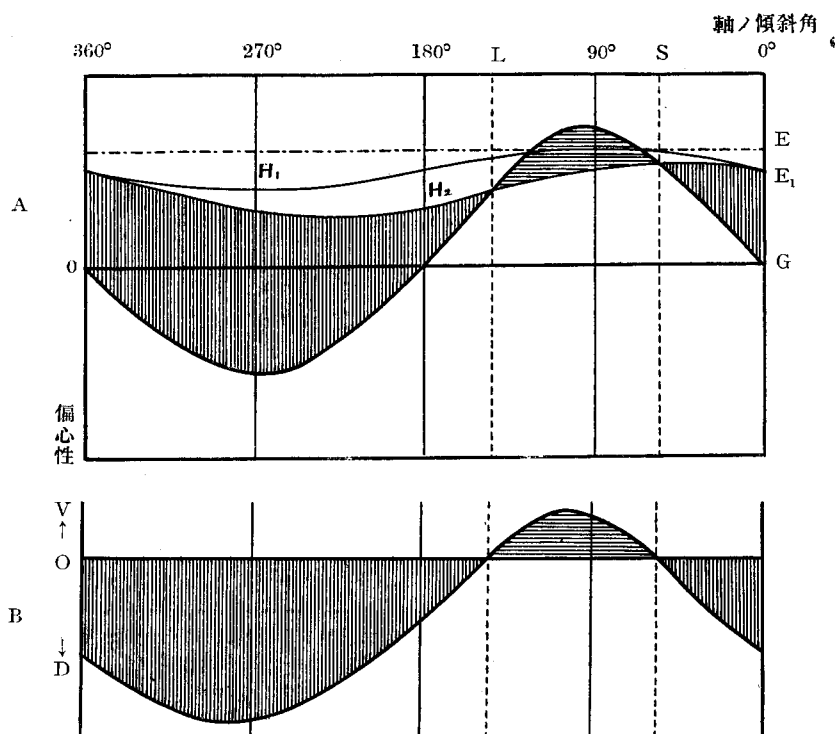
今すぎヲ材料トシテ、ナルベク相關關係ノ變化ノ影響ヲ受ケザル様母幹ヲ直立ノ儘、其ノ第一次側枝ヲ垂直ニ上向及ビ下向セシメ、重力偏心性ノ影響ヲ除去シテ兩位置ニ現レル背側肥大性ニヨルアテノ形成程度ヲ比較シテ見タノニ、第 8 表ニ示ス如ク上向位ハ常ニ下向位ニ比シ大デアル。若シ之ヲ生長ニ對シ逆位ニ於テ制限スルト言フ重力ノ調律的影響ニヨルモノトスレバ、側枝ニハ二ツノ意味ノ逆位ガ考ヘラレル。即チ一ハ縱斷的極性 (Verticibasalität) ニ關スルモノデアリ、一ハ横斷的

第 8 表 すぎノ側枝ヲ垂直ニ上向セル場合ト下向セル場合ノ
アテノ形成程度ノ比較(母幹ハ垂直上向)

傾 斜 角	i	ii	iii	iv	v
0° (垂直上向)	mm 0.60	mm 0.55	mm 0.70	mm 0.60	細胞層 1年目 20. 2年目 7
180° (垂直下向)	0.25	0.25	0.30	0.20	ク 5. ク 4

3 年枝ヲ用ヒ昭和 8 年 6 月ニ彎曲シ、2 生長期ノ後切斷シテ基部ヨリ 15 cm ノ附近ニテ測定セルモノ。

極性 (Dorsiventralität) ニ關スルモノデアル。此ノ兩方面ニ於ケル重力ノ調律的作用ノ程度ハ必ズシモ同様デアルトハ言ヘナイデアラウガ、假ニ兩者ヲ同程度ト考ヘ、互ニ複合シテ固有偏心性ニ影



第 57 圖 重力調律性縦力ノ作用ヲ考慮シテ變形セル重力偏心性 (G) ト、重力調律性縦力並ビニ横力ノ作用ヲ考慮シテ變形セル固有偏心性 (E_1) トノ組合セヲ以テ側枝ノ各傾斜位ニ於ケル偏心生長ヲ説明スル模型圖。

圖A中Eハ制限作用ヲ受ケザル固有偏心性、 H_1 ハ重力調律性横力ノ制限作用、 H_2 ハ同縦力ノ制限作用ヲ示ス。ココニ於テ實際發現スル固有偏心性ハ $E_1 = E - (H_1 + H_2)$ ナル關係ニアル。

圖Bハ偏心傾向ノ關係ヲ明瞭ナラシムル爲圖Aヲ書き直セルモノニシテ横線ハ針葉樹型ニテ腹側 (V) ニ、縦線ハ背側 (D) ニ生長偏倚スル閥ヲ示シ、潤葉樹型ニテハ其ノ逆トナル。S 及ビLハ偏倚側ノ轉向スル位置ニ當ル。

響スルモノトスルト、其ノ關係ハ第 57 圖ニ模型的ニ示ス如クナリ、之ニ前ニ(35 頁)述ベタル重力ノ調律的變形¹⁾ヲ考慮セル重力偏心性ヲ重ネレバ結局現レル偏心生長ハ同圖Bニ示ス如キ關係トナル

1) 重力ノ調律的作用ハ屈地性ニ就テ前述ノ Metzner ノ式ニ示セル如キ、軸ガ正位ニ向フ程刺激ガ制限サレルト言フ關係ノ他ニ、軸ガ逆位ニ向フ程生長ガ減少スルト言フ反對ノ關係ガ考慮サレルカラ、實際此ノ影響ガ重力偏心性ニ對シテ如何ニ現レルカ、實驗的ニ確カメテ見ル迄ハ言明ノ限リテナイ。

第 9 表

すぎノ側枝ヲ垂直面内ニテ内曲セル場合ノ各部
ノアテノ形成程度(母幹ハ垂直上向)

軸ノ傾斜角	基部ヨリノ距離	アテノ形成	
		背側	腹側
°	cm	mm	mm
90	5	—	0.64
45	13	0.75	—
0	21	1.65	—
315	30	1.85	—
270	38	1.62	—
225	46	1.02	—
180	55	0.25	—
135	63	—	(0.20)
90	76	—	0.65
45	80	0.15	—
0	92	0.80	—
315	102	0.45	—

材料ハ 5 年枝ニシテ昭和 10 年 9 月 7 日ニ彎曲シ昭和 11 年 10 月 10 日ニ切斷セルモノ。2 年目以後ハ生長著シク減退シ、基部ヨリ 13—30 cm ノ附近ニハ猶相當ノ生長ヲ見ルモ、38 cm ノ附近ニテハ細胞 2 年目ニ 8 層、3 年目ニ 5 層ヲ生セルニ過ギナイ。而シテ 55 cm 附近ニテハ 2 年目以後ノアテナ分化甚ダ不明瞭デアル。アテナ形成側ガ反轉スル位置ノ傾斜角ハ大體 60° 及ビ 160°、形成ノ最大ナル部分ハ凡ソ 300° 及ビ 100° ノ附近ニアルト見ラレル。

ガ、之ハ側枝ヲ垂直面内ニ輪狀ニ彎曲セル實驗ニ於ケル偏心生長、例ヘバ第 9 表ニ示セル例ト比較シテ傾向向上ヨク一致スルモノト見ラレル。

然ルニ離ツテ固有偏心性ガカカル影響ヲ受ケズ、スベテノ傾斜位ニ於テ常ニ同様デアリ、重力偏心性ノミガ重力ノ調律的變形ヲ受ケルモノトスルト、背腹正位ノ傾斜圈内ニ於ケル偏心生長ハ或ハ説明サレルカモシレナイガ、背腹逆位ノ圈内デハ第 30 圖上ニ見ラル、如ク最大刺戟位ガ背腹正位ノ場合ノ夫ト垂直ニ對シテ相稱ナル位置、即チ 180°—270° ノ間ニ來リ、實際ノ傾向ニ合ハナイ事トナル。

勿論之等ハ一ノ考察タルニ止リ、更ニ實驗的ニ吟味ヲ要スル問題デアルガ、只ココニ注意シテオキタイノハ重力偏心性ガ純然タル刺戟現象デアルノニ對シ、固有偏心性ハ假令重力ニヨツテ分化サレタル背腹性ニ基クモノト雖モ、内在的ノ偏心性デアルカラ兩者ハ本質的ニ同一視スベキモノデハナイニモ拘ラズ、其ノ現レタル偏心生長ニハ等シクアテナ形成ヲ伴ヒ、全ク同種ノ生長現象ヲ來ス事デアル。而シテ兩者ガ同時ニ同一横斷面上ニ現レル時ニハ各々が獨立ニ發現スル事ナク、互ニ合

成セル方向ニ生長偏倚スル。換言スレバ兩偏心性ハ反應タル生長ニ於テ合成效果ヲ示スモノニ非ズ、反應示顯前ノ過程ニ於テ既ニ合成サレ、其ノ均衡スル位置ニアツテハ何レノ方向ニモ反應ガ現レナイ。故ニ結局此ノ兩偏心性モ更ニ深く突キ進メテ考フレバ、同種ノ理化學的現象ヲ惹起スベキ一元的ノ原因ノ存在ヲ豫定シ得ルモノト言フ事ガ出來ルデアラウ。

第 六 節 荷重其ノ他間接ニ偏心性ノ成立並ビニ發現ニ關係スル因子

自然ニ於ケル側枝ノ傾斜位ハ前述セル屈地性及ビ背側伸長性ノ均衡關係ニヨル他、自體ノ重サ並ビニ雨、雪等ニヨル荷重ノ機械的影響ヲ受ケル事ガ著シイモノデ、此ノ荷重ニヨル傾下ガ軸ヲ重力

第 10 表 すぎノ側枝ノ先端ヲ截去セル場合ノ傾斜角ノ變化トアテノ形成側

原 傾 斜 角	截 頭 後 ノ 傾 斜 角	傾 斜 角 ノ 變 化	ア テ ノ 形 成 側
82°	80°	2	腹
82	72	10	--
80	70	10	腹
80	70	10	腹
78	70	8	—
78	70	8	腹
75	65	10	—
62	58	4	背
72	58	14	背
62	55	7	背
58	52	6	背
52	52	0	—
62	50	12	背
68	50	18	背
50	45	5	—

材料ハ5年生内外ノ第一次側枝ヲ用ヒ基部ヨリ 15—20 cm ノ附近ニテ截頭シ、2 生長期ノ後切斷部ヨリ稍々基ノ方ニ於テアテノ形成側ヲ檢セルモノデアアル。

偏心性ト固有偏心性トノ均衡位ヨリ離レシメ、普通針葉樹ノ枝デハ下側ニ、濶葉樹ノ枝デハ上側ニ生長偏倚シ、即チ重力偏心性ニ從フ偏心生長ガ現レテ居ル。而シテ荷重ヲ減少スル時ハ組織ノ彈性ニヨツテ側枝ハ幾分上向スルガ、此ノ際時トシテ偏心性ノ均衡位ヲ通り越シ、從テ固有偏心性ノ方

ガ現レル事ガアル。第 10 表ハすぎニ就テカカル場合ニ於ケルアテノ形成側ヲ調査シタモノデ、之ニヨルトアテノ形成スル側ハ軸ノ傾斜角ノ變化ノ大小ニ關係ナク、直接傾斜角ノ關係ニヨツテ定マリ、大約 60° ノ附近ニ於テ其ノ方向ヲ轉向スルト見ラレル。

又樹種ニヨリ枝垂レト稱シ垂下スル枝ヲ有スルモノガアル。Zimmermann (66) 等ハ之ヲ生長經過ニ從テ屈地性が變化シ、向地性が増加スル爲ト述ベテ居ルガ、寧ロ Molisch (42) 等ノ説明ノ如ク荷重ガ其ノ主要ナル原因トナルモノデアラウ¹⁾。何レニセヨカカル重力方向ニ並行ノ位置迄垂下セル枝ハ次第ニ生理的背腹性ヲ失フモノデ、例ヘバ *Picea Smithiana* Boiss. ノ此ノ種ノ枝ヲ用ヒ實驗的ニ確カメテ見タコロニヨルト、重力偏心性ノミガ現レ背側肥大性ハ認メラレナカツタ。尤モ之ニハ芽ノ位置モ關係シ、一般ニ高次ノ枝程屈地性ニ乏シク、垂下セル枝ノ先端ニ着ク芽ハ其ノ儘機械的ニ下向シテ伸長シ、形態的ニモ生理的ニモ背腹性ハ分化シナイモノト見ラレル。

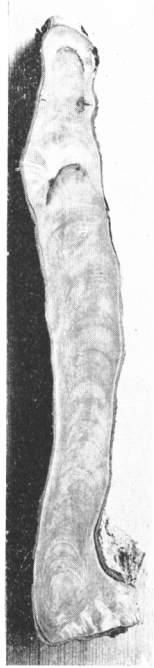
荷重ハ斯ノ如ク側枝ノ傾斜角ヲ變化セシメ、其ノ固有偏心性ノ成立並ビニ重力偏心性ノ發現ニ關係スルモノデアルガ、カカル意味ニ於テ偏心生長ノ發現ニ關係スル因子ハ自然ニ於テ甚ダ多イ。又幹ノ重力偏心性ニ對シテモ直接ノ原因ハ重力デアルガ、間接ニハ風、地崩、移植其他ニヨリ機械的ニ幹ガ傾斜サレル事、屈地性、屈光性等ニヨリ生理的ニ軸ガ屈曲スル事等ガ其ノ發現ノ原因トナルモノデ、自然ニ於ケル偏心生長ヲ説明スルニハ、此ノ種ノ間接ノ原因ノ關係ヲ明カニスル事が實際上必要デアルガ、此ノ問題ニ就テハ改メテ取扱フ筈デアルカラ、ココニハ深く觸レズニオク。

1) Baranetzki (1, S. 220) ハ *Caragana arborescens*, *Fraxinus excelsior* 及ビ *Ulmus montana* ノ枝垂レトナル變種ニ就テ、其ノ枝ハ材部ノ發達不良ナル爲、組織ノ構造上自體ノ荷重ヲ支ヘルニ足ラザル事ヲ指摘シテ居ル。

A₁



A₂



第 58 圖 板根ノ例

A. らんだいぐす

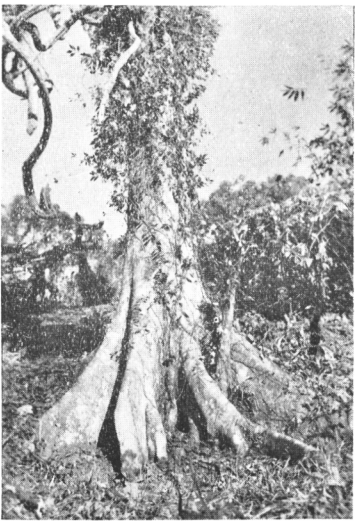
A₂ ハ基部ヨリ 20 cm ノ部
分ノ断面。此ノ附近ニテ高
サ 35 cm 幅 3.5 cm.

B. かしばいぬびば

前方ノ切斷セル部分ニテ高
サ 52 cm 幅 13 cm.

C. ひゝらんくりかし
何レモ臺灣演習林内。

B



C



第五章 根ニ於ケル偏心生長

浅ク地表ニ沿ウテ伸ビル側根ハ生長ト共ニ特ニ基部ニ近キ附近ニテ著シク上側ニ肥大生長偏倚スル傾向ガアリ、甚ダシイ場合ニハ地上ニ高ク露出シテ板根 (Erettwurzel, Buttress) ト稱セラレル (第58圖)。之ハ熱帯ノ *Ficus*, *Mora*, *Parkia* 等ノ例ニテ知ラレテ居ルトコロデアアルガ、程度ノ差ハアレ廣ク溫帯ノ樹種ニモ見ラレルモノデ、就中 *Carpinus* (いぬしで)、*Fagus* (ぶなのき)、*Shiia* (しひ)、*Celtis* (えのき)、*Aphananthe* (むくのき)、*Zelkova* (けやき)、*Aesculus* (とちのき)、*Prunus* (りんほく)、*Cornus* (みすき) 等ニ顯著ナノガアル。¹⁾

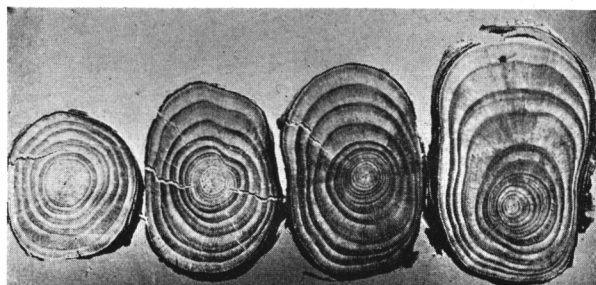
此ノ發達ハ宛モ之ガ樹幹支持ノ用ヲナス如キ觀ヲ呈スルトコロヨリ古カラ機械的刺戟ニヨルモノト想像サレテ居タガ²⁾ (19)、Petch (1930)、Francis (1925)、Davis 及ビ Richard (1934) (9) 等ノ Ceylon, Queensland 或ハ英領 Guiana 地方ニ於ケル觀察ニヨルト樹冠ノ大イサ、主風ノ方向等ノ關係ハ認メラレストサレ、著者ノ觀察モ亦之ト同様デアツテ寧ロ Zimmermann (66) ノ記載セルガ如ク、一種ノ重力成形的ノ現象ト見ラレル。

板根ハ斯ノ如ク著シキ肥大生長ノ偏倚ヲナセルニ拘ラズ、其ノ偏倚側ノ材ニ、幹ノ偏心生長ニ伴ヘル如キアテノ構造ヲ發達シナイモノデ、Singapore 産ノ *Ficus* (*cotinifolia* ?)³⁾、臺灣産ノらんだいぐす、うらじろえごのき、かしはいぬびは及ビ内地産ノしひ、ぶなのき、せんだん、とちのき、りんほく等ノ例ニ就テ檢セルトコロニヨレバ、アテノ特徴タル膠質層ハ認メラレズ、只 *Ficus* 及ビ *Fagus* ノ例中上側ニ僅カニ散在的ニ此ノ層ヲ有スル細胞が見ラレタニ過ギナイ。⁴⁾ 然ルニこはうちはかへでノ根ガ若イ時代ニ曝露セルモノヲツテ調べテ見タニ明カニ幹ノ場合ト同様ノアテノ構造

- 1) 本學臺灣演習林ニ於ケル所見ニヨルト板根ハかしはいぬびは (*Ficus nervosa* Heyne), おぼたぶ (*Machilus Kusanoi* Hay.), らんだいぐす (*Cinnamomum randaiense* Hay.), ひひらんくりかし (*Castanopsis stellato-spina* Hay.), もがし (*Elaeocarpus decipiens* Hemsl.) ふちばしで (*Engelhardtia formosana* Hay.), うらじろえごのき (*Styrax suberifolius* Hook. et Arn.) 等ニ著シク現レル。又中歐ニテハ *Heinbuche*, *Ulme* (46), *Buche*, *Eiche* (30) 等ニ板根ガ多イト言フ。
- 2) Navez (1924) ハ Rio de Janeiro 地方ニ於テ落葉層厚ク地盤ノ抵抗少ナキ所ニ板根ヲ發達スルモノ多ク、其ノ生ズル側ハ主風ノ方向ニ關係アリトシ(9)、又中野博士 (1925) (45) ハむくのき其他ニ就テノ觀察ニテ荷重ガ板根ノ形成ニ關係アルヲ認メ、之ガ張力側ニ發達シテ樹木ノ傾倒ヲ防グ意義ガアルトサレテ居ル。
- 3) Singapore 産ノ *Ficus* ノ板根ハ本學古曾部温室主任玉利幸次郎氏ノ採取ヲ煩シタ。深ク其ノ厚意ヲ謝スル。
- 4) *Ulmus*, *Robinia* 等ノ根ノ地中ニアルモノニテ、全周ニ此ノ種ノ層ガ認メラレルガ、之ハ偏心成長ニ伴フモノデナク、一種ノ貯藏物質トモ言ハレテ居ルモノデ (44, S. 210)、之ヲアテト見ル事ハ出来ナイ。

ガ認メラレタ。

針葉樹ノ場合ニテモ亦地表ニ近ク水平ニ出ル側根ハ基部ニテ多ク上側ニ生長偏倚シ、少々離レタル部分ヨリ更ニ下側ニモ偏倚スル傾向ガ現レ、第59圖ニ見ラル、如ク橢圓形又ハ繭形ノ横断面ヲ示ス。此ノ原因ニ關シ Münch (44, S. 170) ハ樹幹ノ風ニヨル動搖ニ際シ傾杆作用ニヨツテ側根ノ上側ニ縦壓ヲ及ボシ、之ガ生長ヲ刺戟スルニヨルト考へ、主根ノ發達不良ナル場合程之ガ著シク現レルトシテ居ル。又 Fritzsche (1933) (15) ハ一方ノ風ヲ受ケル Fichte ノ森林ニ於テ風下ノ方ニ出ル側根ニ板根狀ヲナスモノガ多イ事ヲ觀察シテ居ル。併シ何レニセヨ普通針葉樹ニハ前述セル闊葉樹ノ例ノ如ク顯著ナ板根ヲ發達スルモノハナイ。



第59圖 あかまつノ地表ニ近キ側根ニ於ケル肥大生長偏倚ノ例。

約1/2。断面右ヨリ順次、2 cm, 10 cm, 15 cm 及ビ25 cm ノ部分。基部ニテハ主トシテ上側ニ生長偏倚シ、10 cm 附近ニテハ下側ニモ生長偏倚ヲ現シ断面繭形トナリ、25 cm ノ附近ニテハ年輪略々同心圓狀ヲナス。内部ノ年輪ニハ何レニモ偏倚ノ傾向ナク、又アテハ何處ニモ認メラレヌ。

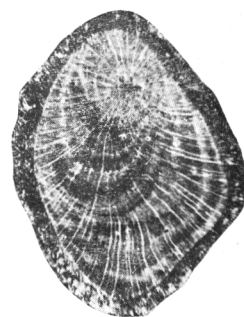
而シテ此ノ場合ノ生長偏倚ハ亦闊葉樹ノ場合ト同様アテノ形成ヲ伴フモノデナク、上側ノ生長偏倚側ノ材ニ於テ比較の厚膜ノ假導管ヲ見ル事バアルガ、アテノ典型的ナ構造ハ見ラレナイ。只崩壊地等ニテ若イ頃ヨリ地表ニ露出シタ根ニ於テ、主根モ側根モ共ニ下側ニ顯著ナアテヲ形成セル例ガアル (第60圖)。カ、ル事實ハ實驗的ニモ確カメラレルモノデ、之ニ關シ針葉樹ノ根ニ就テ行ツタ二三ノ實驗例ヲ述ベテ見ルト。

a. 主根ヲ傾斜シテ曝露セル場合

あかまつノ苗木ニテ主根ノ基部ヲ曝露シテ傾斜シ、2 生長期ノ後其ノ横断面ヲ檢シタノニ、曝露セル部分及ビ之ヨリ先端ノ方ニ向ヒ地中若干ノ距離迄下側ニ沿ウテアテガ現レ、ソノ形成ハ曝露セル當年ニ既ニ認メラレタ。

b. 側根ヲ自然位ニ於テ曝露セル場合

あかまつ及ビすぎノ地表ニ近イ若イ第一次側根ノ基部ヲ曝露シ、2 生長期ノ後其ノ断面ヲ檢スルニ、結果ハ前ノ場合ト同様下側ニ明カニアテノ形成ヲ認メル (第61圖)。但シ之ハ若イ側根ニ限ルモノデ、約20年生ノあかまつノ側根ノ基部ヲ曝露シタ例デハ3年目ニ於テモ猶アテノ形成ハ現レナイ。



第60圖 あかまつノ若キ主根ノ曝露セル部分ニ形成セルアテノ例 ×6.



第 61 圖 すぎノ若キ側根ノ基部ヲ
曝露セルモノニテ下側ニ**アテ**ヲ形
成セル例。 ×5.

A 曝露部。

B 其ノ先ノ方ニテ地中 1 cm
ノ附近。曝露部ノ**アテ**ノ形
成ノ影響ヲ受ケテ弱度ヲ
同側ニ**アテ**ヲ生ズル。

c. 側根ノ軸ヲ 90° 回旋シテ曝露セル場合

此ノ場合**アテ**ヲ形成スル側ハ常ニ下側ニ限り、側
枝ノ場合ニ見ラレタ様ナ軸ノ回旋ノ影響ハ認めラレ
ナイ。

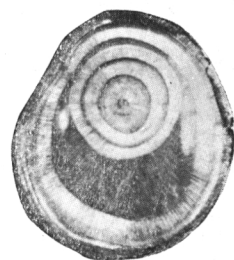
d. 曝露セル根ヲ再び埋没セル場合

あかまつノ根ヲ曝露シ、2 生長期ノ後再び埋没ス
ルニ一度現レタ**アテ**ノ形成ハ埋没後次第ニ弱度トナ
ル傾向が見ラレル。

以上ニヨツテ明カニ針葉樹ノ根ハ若イ時代ニ曝露
スル時ハ主根ニ於テモ側根ニ於テモ共ニ下側ニ**アテ**
が現レ、埋没スル時ハ再びソノ形成ガ消失スルモノ

デアルト言フ事が出来ル。¹⁾ 嘗テ Kny (32) ハ曝露セル根ニ於テ側枝ト同傾向ノ偏心生長が見ラレ
ルトシ、其ノ原因ヲ側枝ト同様温度、光等ノ關係ニヨルト述ベテ居ルガ、若シ然ラバ幹モ埋没スル
時ハ偏心生長ヲ現サナイ筈デアル。實際あかまつ、すぎ、ひのき、すすかけのき等ニテ若イ幹ヲ傾
斜シ、其ノ一部ヲ土中ニ埋メテ見タノニ何レモ次第ニ**アテ**ノ形成ガ
弱度トナル傾向ガ認めラレタ (第 62 圖)。特ニ不定根ヲ下セル部分
ニテ全ク**アテ**ヲ生ジナクナルハ挿木ノ場合ニ述ベタルト同様デア
ル。然シ乍ラ此ノ埋没ニヨツテ**アテ**ノ形成ノ減退スルノハ埋没ト同
時ニ起ルモノデハナク、不定根ヲ生ジナイ場合ニハ數ケ年ニ互ツテ
猶變化ガナイ例モアル。從テ之ハ埋没ニ際シ**アテ**ノ形成ニ必須ナル
因子ガ失ハレタ爲トハ考ヘ難ク、寧ロ發根狀態トナツタ場合ニ著シ
ク**アテ**ノ形成ガ減少スル點等ヨリ推シテ、幹ニ反應能力上ノ變化ガ
現レルニヨルモノデアラウト想像サレル。

アテノ形成側ハ幹及ビ側枝ノ場合屈地性及ビ背側伸長性ニヨル軸
ノ屈曲方向ト關聯シテ考ヘラレタモノデアルガ、根ニ於テハ如何ナ
ル關係ガアルカ、一先ヅ此ノ問題ヨリ考察シテ見ヤウ。根ガ重力ノ
刺激ニ對シ向地性ヲ示ス事ハ言フ迄モナイ。而シテ根ニ於テ**アテ**ガ幹ノ場合ニ於ケルト同様、屈地
性屈曲ニ際シ針葉樹デハ凸側タルベキ側ニ現レルモノデアルトスルト、主根ヲ傾斜セル場合上側ニ



第 62 圖 すぎノ幹ヲ土
中ニ埋没セル場合ニ於
テ**アテ**ノ形成ノ消失セ
ル例。

幹ヲ水平ニ倒シ其ノ
一部ヲ埋没セルモノ
ニシテ初メ1 年ハ強
度ニ**アテ**ヲ形成セル
モ、2 年目ニハ急ニ
弱度トナル。且此ノ
附近ニテ多數ノ不定
根ノ發生ヲ認ム。

1) 根ハ曝露セザル限り如何ニ重力方向ニ對スル位置ガ變化スルモ**アテ**ヲ形成スルモノデハナイ。

之が見ラレナケレバナラナイ。然ルニ實際ハ上ニ述ベタ様ニ常ニ下側ニアテが見出サレル。尤モ根ニ於ケル屈地性刺激ノ感受部位ハ若イ先端ノ附近ニ限ラレテ居ルト言ハレ、且其ノ反應モ遠ク基部ニ及バズ、幹ノ例ノ如ク太イ部分ニ屈地性屈曲ガ認メラレタト言フ例ハナイガ、又元來、重力偏心性ノ成立ニ關シ必ズシモ屈地性反應能力ノ存在ヲ問題トスル必要ハナイカモシレヌガ、等シク重力ニヨル刺激現象タル屈地性ニ於テ明カニ幹ト反應方向反對ナル根ガ、重力偏心性ニ於テハ同方向ヲ示スト言フハ少ナカラズ理論上異様デアル。

此ノ際考慮サレルノハ生理的ニ根トシテノ性質ガ、發生的ニ、或ハ形態的ニ根デアル部分ニ、如何程ノ程度迄固定サレテ居ルカノ問題デアル。幹ガ土中ニ埋没サレ不定根ヲ下スニ至ツタ部分デハ既ニ生理的ニ根ノ性質ヲ帶ビタルモノト解サレ、此處ニ生ズル組織ノ構造ハ根ニ類スル點が多クナルガ(44, S. 288)、反對ニ根ガ曝露セル場合ニモ光、濕度其他ノ條件ノ變化ニヨツテ本來ノ成形機能ニ或ル程度ノ異常ヲ來ス事ハ想像スルニ難クナイ。スナハチ此ノ見地ヨリスレバ、曝露セル根ニ幹ト同様ノアテノ形成ヲ伴フ偏心生長ノ現レルノハ曝露ニヨツテ生理的機能ニ變化ヲ來シ、重力ノ刺激ニ感ジテ幹ニ準ゼラレル重力偏心性ガ出現スルニヨルモノト解サレル。

然ラバ古イ根ニ於テハ曝露スルモアテノ形成ガ現レナイノハ何故デアルカ。之ハオソラク古イ部分程根ノ生理的性質ガ強く固定サレ、曝露ニヨツテ容易ニ其ノ性質ガ變化サレナイ爲ト考ヘラレ、少クトモ此ノ事實ハ曝露ガ直接アテヲ形成セシムル原因タルモノデナイ事ヲ證スルモノデアラウ。

次ニ問題トナルノハ側根ニ於ケル背腹性デアル。側根ハ勿論斜向性器官デアルガ、ソノ斜向的休止位ガ如何ナル關係ニヨツテ定マルモノデアルカ、未ダ確タル説ガナイ。古ク Sachs ノ如キハ單ニ側根ニ於テ向地性ノ小ナル爲ト解シタガ(52)、Lundegårdh ハ側枝ト同様ニ向地性ト背地性ト均衡ニヨルトシ(37)、v. Uebisch ハ正弦法則ニ從フ向地性ト餘弦法則ニ從ツテ之ヲ制限スル縦力ノ關係ヲ以テ説明セムトシテ居ル。又多クノ人々ノ實驗ニヨルト此ノ休止位ハ光、溫度、濕度或ハ內的ノ相關關係ニヨツテ變化シ易イモノデアルト言フ。何レニセヨ若イ第一次側根ヲトツテ軸ヲ 180° 回旋スルニ側枝ノ場合ニ見ラレタ様ナ屈曲型式ガ現レズ、單ニ最短ノ距離ヲトツテ原ノ休止位ニ近イ傾斜ノ位置ニ復ルト稱セラレ(52)、從テコ、ニ生理的背腹性ハ認メラレナイ。上ニ述ベタあかまつノ側根ノ軸ヲ回旋シテ曝露シ、アテヲ形成セシメタ實驗例ニ於テ、其ノ形成側ガ常ニ下側ニアリ、側枝ノ場合ノ如キ回旋ノ關係が見ラレナイト言フノモ、畢竟側根ガ生理的放射性ニシテ固有偏心性ノ分化セザル爲ト解スベキデアラウ。尤モ板根ノ如ク背腹的形態ノ明瞭トナツタモノニ於テハ、或ハ生理的背腹性ヲ分化セルモノモアルカモシレナイガ、之ハ更ニ實驗的證明ニ俟ツベキ問題デアル。

第六章 偏心生長及ピアテノ形成ノ生態的意義

偏心生長ニヨツテ生ズル樹木ノ横斷面ノ形ガ軸ノ彎曲ニ抵抗スル上ニ有利ナル形デアル事ハ一見シテ直チニ想到サレル事實デアルガ、Ursprung (63) ハ之ヲ以テ機械的要求ニ對スル成形上、物質ノ經濟的意義ガアルト述ベテ居ル。其後偏心生長ニ伴ツテ生ズル組織ノ機械的強度ガ注意サレル様ニナリ、特ニ針葉樹ノ場合ノアテガ抗壓強ニ富ミ、且之ガ自然ニ於テ傾斜セル幹又ハ側枝ノ下側ニ見出サル、トコロヨリ、樹體ノ荷重ヲ支持スル意義アルモノ、如ク考ヘラレタ (61), (66)。

併シ乍ラアテノ形成側ハ必ズシモ機械形成 (Mechanomorphose) トハ見ラレヌ場合モアリ、上述ノ見解ニ多少ノ疑念ヲ挿ンデ居ルモノニ Ungerer (62), Küster (34) 等ガアル。事實第二章ニ述ベタ多クノ實驗結果、就中側枝ニ於ケルアテノ形成側ノ關係ノ如キハ荷重ノ支持ニ關シ何等特別ノ意義アルモノトハ見ラレナイ。

Trendelenburg (61) ハ又 Jaccard ノ水分通導說ヲモ考慮ニ入レ、針葉樹ノアテノ假導管ニ重縁孔紋ノ形大ナル點ヲ舉ゲテ、¹⁾之ガ水分通導上ニモ意義アルモノトシテ居ルガ、實際ハ此ノ部ガ却テ通導能力ニ劣ル事ハ前ニモ述ベタ通りデアル。

故ニ偏心生長ノ生態的意義ハ之等從來ノ説明ヲ以テハ満足シ難ク、見地ヲ更ニ新ニシテ考察シ直シテ見ル必要ガアル。元來重力偏心性ハ屈地性ト其ノ反應様式ヲ異ニスルモ、等シク重力ニヨル刺戟現象デアツテ、反應位及ビ反應ノ方向ガ重力方向ニ關係アル點ニ於テ一致スルモノデアル。而シテ屈地性ニ就テハ、幹ガ傾斜セル場合屈曲ヲ起シテ直立位ヲ恢復シ、軸ノ位置ヲ調ヘル意義ヲ有スト考ヘラレテ居ルガ (66)、重力偏心性ニ就テモ、幹ノ傾斜ニ際シ針葉樹ノ場合ノ如ク特ニ抗壓強ニ富ムアテガ下側ニ現レルノハ軸ノ傾倒ニ抵抗スル意義ガアル様ニ見エル。然ルニ同種ノ組織ハ側枝ニ於テ更ニ固有偏心性ニヨツテモ背側ニ生ジ、其ノ配置ハ上述セル如ク決シテ單ナル荷重ニヨル軸下ニ抗スル關係ニアルト見ラレナイ。

固有偏心性ハ側枝ニ特徴的ノ性質デアツテ、軸ニ生理的背腹性ノ分化セルニ基クモノデアルガ、同様生理的背腹性ニヨル性質トシテ背側伸長性ナルモノガアル。此ノ背側伸長性ハ側枝ニアツテ其

1) 之ハ併シ秋材部ノ比較ニ就テノミ言ヒ得ル事デ、秋材細胞ノ放射方向ノ幅ノ關係ヨリ來ルモノト見ラレ、春材部デハカカル傾向ハナイ。而シテアテノ重縁孔紋ハ長裂罅狀ノ内開口ヲ有シ其ノ數ニ乏シイモノデアル。闊葉樹ノ纖維狀假導管ニテモ同様、膠質層ガ發達スレバ重縁孔紋ノ内開口ハ狹長ナル裂罅狀ヲナシ、纖維ノ軸ニ略並行トナル。

ノ屈地性ニ制限的ニ作用シ、側枝ヲシテ或ル傾斜位ヲ保タシメ、之ニヨツテ樹冠ヲ構成スル各要素ノ空間的關係ヲ整理シ、且同化器管ヲシテヨク日光ヲ利用セシムル位置ニオク意義アルモノト考ヘラレルガ、固有偏心性モ亦之ト同様ノ關係ヲ以テ重力偏心性ニ拮抗シ、枝ガ生理的ナ均衡位ヨリ動カサレタル時、之ニ抵抗的ニアテヲ形成スルモノト見ル事が出來ルデアラウ。換言スレバ、重力偏心性ト固有偏心性ハ共ニ屈地性及ビ背側伸長性ト同様、樹冠ヲ構成スル枝系要素ヲ生理的ナ位置ニ保ツ機能的ナ現象ト見ラレ、只後者ニアツテハ屈曲ニヨツテ積極的ニ調位運動ヲ起スニ對シ、前者ハ抵抗的ノ組織ノ形成ニヨツテ消極的ニ軸ノ變位ニ抗スルノ點ニ於テ相違スルト解サレル。而シテ樹木ノ如ク長期ニ互リ著シイ肥大生長ヲ續ケルモノニアツテハ、屈動性ニヨル軸ノ位置ノ調整ハ既成組織ノ抵抗ニヨツテ屈曲ノ妨ゲラレナイ若イ先端ノ小部分ニ限ラレ、他ノ大部分ハ肥大生長ノ偏心性ニヨツテ軸ノ位置ノ變化ヲ最小限度ニ阻止スルノ方策ヲ講ズルヨリ他ハナイノデアル。背側伸長性ハ前ニ述ベタ様ニ側枝ノ傾斜ヲ支配スル因子ヲナスモノデ、樹種、年齡、部分等ニヨツテ強サヲ異ニシ、且其ノ固定度ヲ相違スルモノデアルガ、更ニ枝系要素相互ノ相關關係ニヨリ、或ハ生長ノ經過ニ從テ變化シ、之ニヨツテ枝系各部ヲ有機的ナ關係ニ保タシメ、樹冠ノ形ヲシテ樹種固有ノ遺傳的ナ形ニ導クモノト言フ事が出來ル。固有偏心性モ亦之ト同様ノ關係ニヨツテ變化スルモノデ、同様ノ意味ニ於テ亦樹冠ノ生理的構成ヲ保持スルニ與ルト言ヘルデアラウ。

而シテ根ニ於テ此ノ種ノ偏心性ガ認メラレナイノハ夫ガ土中ニアリ、土壤ノ抵抗ニヨツテ軸ノ運動ガ制限サレテ居ル爲、カカル位置ノ變化ヲ調節スル機能ヲ發達スルニ至ラナカツタトモ想像サレヤウ。

以上ノ如キ見解ヨリスレバ、樹冠ノ形ハ重力ニヨルノミナラズ、光ニ對シテモ調整サレルモノデアルカラ、屈光性ニ對照的ノ光偏心性ガ存在スル筈ノ如ク考ヘラレルガ、之ニ就テハ未ダの確ナ證明ガナイ。樹冠ノ外貌ヨリスレバ針葉樹ノ形ハ一般ニ重力成形のデアリ、闊葉樹ニハ可ナリ光ニ影響サレタ如ク見ユルモノガアルガ、併シ重力ノ關係ニ比スレバ猶微弱ナモノデアル。從テ光偏心性ノ如キガ假ニ存在スルトシテモ夫程著シイモノデハナカラウト想像サレル。

次ニ問題トナルノハ偏心性ニ於ケル針葉樹型ト闊葉樹型ト相違デアル。此ノ兩型ハ偏心方向ニ於テ全く對蹠的ノ關係ヲ有スルモノデアルガ、嘗テ Ursprung (63, S. 268) ハ Picea ニ就テ壓力側ニ於ケル抗壓強ハ張力側ニ於ケル抗張強ヨリモ小ナル事ヲ認メ、此ノ質的弱點ヲ量的ニ補ハンガ爲ニ壓力側ニ生長ガ促サレルトシ、Eriodendron ノ枝デハ此ノ關係反對ナル爲張力側ニ生長偏倚スルト述ベテ居ル。之ハ生長ガ機械的要求ニ應ズルトノ思想ヨリ出發セルモノデアルカラ、其ノ儘此處ニ受ケ容レル事ハ出來ナイガ、アテノ形成ガ上ニ述べ來ツタ如ク軸ノ生理的調位ヲ消極的ニ支持スル

意義ヲ以テ現レルモノトスルト、Hartmann (23) ノ稱スル様ニ**アテ**ノ機械的作用ハ其ノ形成側ノ關係ニ從テ針葉樹型デハ壓力ニ、濶葉樹型デハ張力ニ抗スル性質ヲ有スルト見ナケレバナラナイ。實際針葉樹ノ**アテ**ガ抗壓強ニ富ム事ハ周知ノ事實デアル。併シ乍ラ果シテ濶葉樹ニシテ偏心性ノ傾向上針葉樹型ニ屬スル Buxus, Gardenia 等ノ**アテ**モ同様抗壓強大ナリヤ、又解剖所見上種々ノ型ガ區別サレル濶葉樹型ノ**アテ**ニ於テ、スベテガ一致シテ抗張強ニ優ルヤハ猶研究ヲ要スル問題¹⁾デアル。併シ假ニ此ノ兩型ノ樹種ノ**アテ**ニ上述ノ如キ機械的性質ノ相違ガ認メラレタコロデ、之ヲ以テ偏心性ガ兩種ノ型ニ岐ル、理由ノ説明ニハナラナイ。

濶葉樹ノ中ニハ、此ノ他ニ全クカ、ル偏心性ヲ有セザル一群ノ樹種ガアル。之ハ大體ニ於テ灌木性ノモノニ多イガ、必ズシモ生育型ニヨツテ別タレルモノデハナイ。寧ロ此ノ偏心傾向ノ差、並ビニ之ニ伴フ**アテ**ノ構造ノ相違ハ植物ノ系統ニ從テ類別サレル點ガ多イ。之等ノ諸問題ニ就テハ併シ更ニ廣ク多數ノ樹種ニ互リ、**アテ**ノ解剖的並ビニ理化學性質ヲ吟味シテ後改メテ論ジテ見タイト思フ。

1) 濶葉樹ノ場合ニ於テハ Metzger (40, S. 253) ガ Birke ニ就テ**アテ**ガ抗張強ニ大ナル事ヲ述ベテ居リ、最近 Clarke (1936. Forestry, Vol, X. p. 143) ハ Fagus ニ就テ膠質層ヲ有スル材ハ著シク抗壓強ニ劣ルト發表シテ居ル。

第七章 摘要

本報ハ樹木ノ肥大生長ガ一横斷面上一側ニ偏倚スル場合、即チ一般ニ偏心生長ト呼バレテ居ル現象ニ關シ、其ノ直接原因タル因子ニ就テ考察シタモノデアル。

此ノ問題ニ就テハ從來種々ノ説ガ述ベラレテ居ルガ、ソノ中主要ナルモノトシテハ、1. 榮養ノ偏リニヨルトスルモノ、2. 皮壓ノ差ニヨルトスルモノ、3. 重力ノ刺戟ニヨルトスルモノ、4. 機械的強度ノ要求ニ從フトスルモノ、5. 水分通導性ノ要求ニ從フトスルモノ、6. 縦壓ノ刺戟ニヨルトスルモノ、7. 生理的均衡位ニ對スル軸ノ位置ノ變化ニヨルトスルモノ等ガアル。

偏心生長ハ著者ガ實驗的ニ確カメタルトコロニヨルト、幹ニアリテハ軸ノ傾斜ニヨリ、側枝ニアリテハ更ニ軸ノ回旋ニ際シテ現レ、其ノ傾向ハ第 5. 14. 15 圖ニ示ス如キ關係ニ要約サレル。而シテ之等ハ上ニ舉ゲタル從來ノ何レノ説ヲ以テスルモ満足ニ説明サレルモノデハナイ。

著者ハコ、ニ新タニ此ノ現象ニ對スル理論的考究ヲ試ミ、之ガ實驗的證明ト相俟ツテ次ノ如キ見解ニ到達シタ。

1. 樹木ノ肥大生長ハ軸ノ横斷方向ニ一方的ニ作用スル重力ノ刺戟ニヨツテ偏倚ヲ來ス。之ヲ重力偏心性 (Geotropie) ト呼ブ。更ニ之ハ生長偏倚スル側ガ上側ナルカ、下側ナルカニ從テ、上側肥大性 (Epitrophie)、下側肥大性 (Hypotrophie) ニ分タレル。スベテノ針葉樹 (Ginkgo 及ビ Coniferae) ト闊葉樹ノ一部 (Buxus, Gardenia 等) ハ後者ノ型ヲトリ、大部分ノ闊葉樹ハ前者ノ傾向ヲ示ス。尙闊葉樹ノ中ニハ全クカ、ル偏心性ヲ有シナイモノモアル (Beriberidaceae, Saxifragaceae, Stachyuraceae, Caprifoliaceae 等)。
2. 重力偏心性ハ屈地性刺戟ヲ通ジテ成立スルモノデナク、直接重力ノ刺戟ニヨツテ喚起サレ、全ク屈地性反應能力ヲ有セザル古イ部分ニテモ、肥大生長ノ衰退セザル限り、此ノ反應ハ認メラレル。此ノ點ニ於テ Bücher ノ謂フ Geotropismus トソノ意味ヲ異ニスル。
3. 重力偏心性ノ反應ハ屈地性ト同様軸ノ重力方向ニ對スル傾斜角ニ關係シ、正弦法則ガ適用サレルモノデアルガ、更ニ重力ノ調律の影響ガ考慮サレ、此ノ關係ハ猶研究ヲ要スル。
4. 重力偏心性ノ刺戟ハ軸ノスベテノ横斷面ニテ獨立ニ感受サレ、横斷面毎ニ其ノ傾斜關係ニ從テ反應ガ現レルガ、基部ノ方ニ向ヒ或ル程度迄ハ隣接横斷面ニモ影響ガ認メラレル。
5. 重力偏心性ノ刺戟ハ間歇的作用ニヨツテモ累加サレテ反應ヲ現スニ至ルモノデ、例ヘバあかまつノ幼苗ニテ毎日 4 時間宛刺戟セルモノニ既ニ明カナル反應が見ラレル。又其ノ示顯時間ハ春夏

ノ候くろまつノ幼苗ニ就テ實驗セルトコロニヨルト約5日、反應時間ハ約7日デアリ、京都ニ於テハ秋季10月中旬迄反應能力ガ認メラレタ。

6. 側枝ニ於テハ上述ノ他或ル一定ノ側ニ肥大生長ノ偏倚スル傾向ガアル。之ヲ固有偏心性 (Autotrophie) ト稱スル。更ニ之ハ生長偏倚スル側ニヨツテ背側肥大性 (Dorsitrophie) 及ビ腹側肥大性 (Ventraltrophie) ニ分タレル。而シテ前者ノ型ヲ示スモノハ第1項ニ述ベタ下側肥大性ヲ有スル樹種ニ相當シ、後者ノ型ヲ現スモノハ上側肥大性ヲ有スル樹種ニ一致シテ居ル。

此ノ偏心性ハ Chamaecyparis, Tsuga, Zelkova, Ulmus 等ノ先端ノ斜向セル部分ニテ主軸ニ於テモ認メラレ、一般ニ斜向性ヲ示ス部分ニ特有ノ現象デアル。

7. 固有偏心性ハ本來側ニヨツテ固定セルモノデ、軸ノ重力方向ニ對スル傾斜、或ハ回旋ニ伴ツテ變化スルモノデハナイガ、其ノ發現ニ際シ生長ニ對シテ重力ノ調律の影響ヲ受ケルモノト考ヘラレ、正位ニ於テ逆位ニ於ケルヨリモ著シイ。
8. 固有偏心性ハ生理的背腹性ノ分化ニヨルモノデアルガ、其ノ生長偏倚スル方向ハ必ズシモ形態的背腹性ノ相稱軸ト一致スルトハ限ラナイ。
9. 固有偏心性ハ主軸ト側軸ノ分化ニ際シ、或ハ生長ノ經過ニ從テ現レルガ、更ニ著シク外因、特ニ重力ノ作用ニヨツテ成立シ、且之ハ芽ノ形成當時既ニ固定サレルモノモアルガ、後天的ニ芽ノ伸長中ノ條件ニヨツテ定マルモノガ多イ。
10. 一度固定セル固有偏心性ハ之ガ成立ニ與ル條件ノ二次的變化ニ遭遇スルモ、直チニ變化スルモノデハナイ。併シ長期ニ亙ル間ニハ次第ニ新ラシイ條件ニ從テ變化スル傾向ガ現レル。其ノ主要ナル場合トシテハ次ノ如キモノガアル。
 - a) 器官間ノ相關的關係ノ變化セル場合、例ヘバ主軸ノ損傷ニ際シ代償現象ヲ起セル側枝、或ハ側枝ヲ挿木、伏條等トセル時、其ノ固有偏心性ハ次第ニ消失シ、反對ニ主軸ノ分化明瞭トナレル時、之ト競爭ノ位置ニ立テル側枝ニ於テ増加スル。
 - b) 生長ノ經過ニヨリ、例ヘバ前述ノ Chamaecyparis, Tsuga, Zelkova, Ulmus 等ニテ主軸ノ先端ノ傾下セル部分ニ認メラレル固有偏心性ハ漸次軸ノ上向スルト共ニ消失スル。
 - c) 重力ノ作用方法ノ變化セル場合、例ヘバ側枝ヲ垂直ノ位置トシ、或ハ水平ニテ回轉シ重力ノ一方的作用ヲ除去スル時ハ、此ノ性質ハ次第ニ消失シ、又軸ヲ回旋シテ重力ノ作用方向ヲ變化スル時ハ、新ラシイ重力方向ニ對スル關係ニ從テ二次的ノ固有偏心性ガ現レル様ニナル。

カ、ル固有偏心性ノ二次的變化ハソノ生理的背腹性ノ固定度ニヨツテ難易ガアリ、一般ニ若イ部分程、枝系序ノ低イモノ程、形態的背腹性ノ不明瞭ナモノ程變化シ易イ傾向ガアルト見ラレル。

而シテ概シテ言ヘバ潤葉樹ハ針葉樹ニ比シ此ノ偏心性ノ固定度ガ低イト言ヘル。

尙此ノ變化ハ極メテ漸進的ナ場合モアルガ、冬又ハ夏ノ生長休止期ヲ界トシテ急激ニ現レル傾向ガアル。

11. 重力偏心性ト固有偏心性ハ其ノ成立原因ニ於テ、又發現ノ方向ニ於テ同一ナルモノデハナイガ、其ノ形成スル組織ニハ全ク同種ノ異常ガ認メラレル。木材工藝上**アテ**ト稱シ材質ヲ損スル主要ナル瑕疵ノ一ニ數ヘラレテ居ルノハ、此ノ生長偏倚側ニ生ゼル異常ノ材デアル。**アテ**ガ正常ノ材ト相違スル點ハ種々ノ方面カラ認メラレルガ、識別上主タル據點ト目サレルノハ針葉樹ノ場合假導管ノ膜ガ赤褐色ヲ呈シ、且著シク肥厚シテ二次ノ肥厚層上螺旋狀隙紋が見ラレ、又其ノ細胞ノ橫斷面ガ圓形トナツテ細胞間隙ヲ生ゼル事等デアリ、潤葉樹ノ場合デハ導管ノ發達不良ニシテ纖維ノ率ニ富ミ、其ノ膜ニ全ク木化セザル厚イ膠質層ヲ生ゼル事等デアルガ、樹種ニヨツテ多少ノ相違ガアル。
12. 生理的放射性ナル幹ニ於テハ重力偏心性ハ單獨ニ現レルガ、側枝ニアツテハ常ニ固有偏心性ガ存スルガ故ニ、之ト共ニ發現スル。固有偏心性ハ重力偏心性ノ現レナイ狀態、例ヘバ垂直ノ位置ニ於テ、或ハ水平ニテ回轉シ重力ノ一方的作用ヲ除ケル場合ニ之ヲ單獨ニ確カメル事が出來ル。
根ニ於テハ普通カカル偏心性ヲ認メズ、地表ニ近キ側根ニ著シイ肥大生長偏倚ヲ來スモノガアルガ、**アテ**ノ形成ヲ伴ハナイ。只若キ時代ニ暴露セル場合、幹ト同様ノ重力偏心性ヲ現スニ至ル。之ハ側根ニ於テモ同様ノ傾向ガアリ、側枝ノ如キ固有偏心性ノ存在ハ認メラレナイ。
13. 重力偏心性ト固有偏心性ガ同時ニ同一橫斷面ニ發現スル時ニハ兩者各々ガ獨立ニ生長偏倚ヲ起サズ、其ノ合成方向ニ偏倚シ、互ニ均衡スル位置ニ於テハ偏倚ガ現レナイ。而シテ兩者ノ合成ハ反應結果ノ合成ニ非ズ、反應發現前ノ過程ニ於テ合成サレルノデアル。
14. 重力偏心性ト固有偏心性ハ生態的ニ見テ、屈地性及ビ脊側伸長性ト同様、樹冠ヲ構成スル枝系要素ヲ互ニ有機的ナ關係ノ下ニ、樹種固有ノ生理的ナ位置ニ保ツ意義ガアルト解サレ、只後者ガ積極的ニ屈曲ニヨツテ調位スルニ對シ、前者ハ抵抗的ノ組織ノ形成ニヨリ、消極的ニ變化ニ抗スルモノデアル點ニ於テ相違スルト考ヘラレル。從テ抵抗的組織タル**アテ**ノ機械的作用ハ、其ノ形成側ノ配置上針葉樹型ニテハ壓力ニ、潤葉樹型ニテハ張力ニ抗スルモノデアル事ヲ豫定スル。
15. 偏心性ヲ以テ前項ノ如キ生態的意義アル機能的現象デアルトスルナラバ、枝系各要素ノ生理的位置ハ重力ニ對シテノミナラズ、光ニ對シテモ考ヘラレルモノデアルカラ、屈光性ニ相應スル光偏心性モ亦想像サレル理デアルガ、之ニ就テハ未ダ十分ナル實證例ガナイ。實際上樹冠ノ成形ニ就テ概觀スルニ光ノ影響ハ重力ノ影響程顯著ナラズ、特ニ針葉樹ノ如キニハカカル偏心性ハ假令

存在スルトシテモ重力ノ影響ニ覆ハレテ普通現レナイデアラウト思料サレル。

16. 軸ノ機械的彎曲ニ際シ、果シテ Kamptotrophie ノ如キガ成立スルヤ否ヤハ猶問題デアルガ、彎曲部ノ凹側ニ於テ形成層ガ肥大生長ト共ニ縦ノ方向ニ短縮シ、細胞ノ伸長生長ガ空間的ニ阻マレル結果波狀ニ屈曲ヲ來シ、此處ニ肥大生長ガ著シクナル傾向ハ認メラレル。併シ此ノ際ニハ必ズシモ**アテ**ノ形成ヲ伴フモノニ非ズ、前述セル偏心性トハ全く別種ノ現象デアル。
17. 側枝ハ自體ノ荷重ニヨツテ傾下シ、自然ニ於テハ多クノ場合固有偏心性ト重力偏心性ノ均衡スル位置ヨリ稍々低イ位置トナレル爲、重力偏心性ニ從フ方向ニ生長偏倚シテ居ルガ、更ニ下垂シテ垂直下向ノ位置ニ近ヅク時ハ重力偏心性ノ現レザルハ勿論、固有偏心性モ亦次第ニ失ハレテ來ル。斯ノ如ク間接ニ固有偏心性ノ變化並ビニ重力偏心性ノ發現ニ關係スル因子ハ自然ニ於テ甚ダ多ク、風、雪、倒木等ノ機械的作用、或ハ地汙リ、移植等根株ノ移動ノ際ノ幹ノ傾倒、屈地性又ハ屈光性ニヨル軸ノ屈曲等就中主要ナルモノトシテ數ヘラレル。
18. 偏心性ニ於ケル針葉樹型及ビ闊葉樹型ノ相違ハ遺傳的ニ固有ノ素質ニ基クモノデ、外因的ニ改變サレルモノデハナイ。

以上ニヨツテ從來ノ偏心生長ノ原因ニ關スル紛々タル諸説ハ次ノ如ク改メラレル。

「樹木ニ**アテ**ヲ形成セシムル肥大生長偏倚ノ原因ハ二ツノ主タル因子ニ分析サレル。一ハ外因、特ニ軸ノ横斷方向ニ作用スル重力ノ刺戟ニヨルモノデ、之ヲ重力偏心性ト言フ。一ハ内因的ニシテ軸ニ生理的脊腹性ヲ分化スルニ基クモノデ、之ヲ固有偏心性トヨブ。前者ハ軸ノ側ニ關係ナク、主軸、側軸ノ何レモニ認メラレ、後者ハ一定ノ側ニ關係シ、斜向性ノ軸ニ限ツテ見ラレル。而シテ兩者ハ互ニ合成シテ生長偏倚ヲ現スモノデアルガ、此ノ偏心性ガ示ス生長偏倚ノ方向ハ針葉樹ト闊葉樹ニ於テ全く對蹠的ナル關係ガアル。」

本研究ハ可ナリ長期ヲ要シタ。其ノ間終始恩師市河教授、佐藤教授並ビニ沼田教授ノ御懇篤ナル御指導ト御鞭撻ヲ辱ウシタ。特ニ沼田教授ニハ研究上多大ノ御援助ヲ蒙ツテ居ル。ココニ衷心ヨリ感謝ノ意ヲ表スル次第デアル。尙太田助教授、岡本省吾氏、蘆生演習林主任上田助教授、朝鮮演習林主任山本林學士、台灣演習林主任井上五四男氏、樺太演習林主任坂勘氏等ハ研究上貴重ナル資料ヲ惠マレ、理學部今村講師、三木理學士ハ種々有益ナル助言ヲ與ヘラレタ。併セテ厚ク謝意ヲ表シタイト思フ。

引 用 文 獻

1. Paranetzki, J. (1901) Ueber die Ursachen, welche die Richtung der Aeste der Baum- und Straucharten bedingen. Flora, Bd. 89, S. 138.
2. Pehre, C. E. (1925) Notes on the Cause of Eccentric Growth in Trees. Jour. of Fore., Vol. 23, No. 5-6, p. 507.
3. Böning, K. (1925) Über den inneren Bau horizontaler und geneigter Sprosse und Seine Ursachen. Mitteil. d. Deutsch. Dendrol. Gesellsch., Nr. 35, S. 86.
4. Bücher, H. (1906) Anatomischen Veränderungen bei gewaltsamer Krümmung und geotropischer Induktion. Jahrb. f. Wiss. Botanik, Bd. 43, Heft 2, S. 271.
5. Burns, G. P. (1920) Eccentric Growth and the Formation of Redwood in the Main Stem of Conifers. Vermont Agr. Exp. Stat. Bulletin, No. 219.
6. Ciesler, A. (1896) Das Rotholz der Fichte. Cbl. f. d. gesamt Forstwesen, 22. Jg., 4. Heft, S. 149.
7. Chalk, L. (1927) The Growth of the Wood of Ash (*Fraxinus excelsior* L.) and Douglas Fir (*Pseudotsuga Douglasii* Carr.). Quart. Jour. of Fore., Vol. 21, No. 2, p. 102.
8. Czapek, F. (1898) Weitere Beiträge zur Kenntniss der geotropischen Reizbewegungen. Jahrb. f. Wiss. Bot., Bd. 32, Heft 2, S. 175.
9. Davis, T. A. W. and Richards, P. W. (1934) The Vegetation of Moraballi Creak, British Guiana: an Ecological Study of a limited Area of Tropical Rain Forest. Part II. Jour. of Ecology, Vol. 22, No. 1, p. 106.
10. Detlefsen, E. (1881) Versuche einer mechanischen Erklärung des exzentrischen Dickenwachstums verholzter Achsen und Wurzeln. Wissensch. Beigabe zum Michaelis-Programm der Grossen Stadtschule zu Wismar, Ref. Bot. Cbl., Bd. 8, S. 258.
11. Douglas, A. E. (1919) Climatic Cycle and Tree Growth. Washington.
12. Engler, A. (1918) Tropismen und exzentrisches Dickenwachstum der Bäume. Zürich.
13. ———, —. (1924) Heliotropismus und Geotropismus der Bäume und deren waldbauliche Bedeutung. Mitteil. d. Schweiz. Centralanst. f. d. Forstl. Versuchsw., Bd. 13, Heft 2, S. 225.

14. Ewart, A. J. and Mason-Jones, A. J. (1906) The Formation of Red Wood in Conifers. Ann. of Bot., Vol. 20, p. 201.
15. Fritzsche, K. (1933) Sturmgefahr und Anpassung. Tharandt. Forstl. Jahrb., Bd. 84, Heft 1, S. 1.
16. 藤岡光長. (大正9年)すぎノ樹齡査定及植栽年度鑑定法ニ關ル研究. 林業試験報告, 第20號. 東京.
17. Gabnay, F. (1892) A fák excentricitása. Berichte der Königl. ungarischen Naturwiss. Gesel. zu Budapest., Ref. Bot. Cbl., Bd. 51, S. 237.
18. Goebel, K. (1928) Organographie der Pflanzen. 3. Aufl. I. Teil. Jena.
19. Harberlandt, G. (1924) Physiologische Pflanzenanatomie. 6. Aufl. Leipzig.
20. Hartig, R. (1896) Das Rotholz der Fichte. Forstl.-naturwiss. Zeitschrift., 5. Jg., S. 96.
21. ———, —. (1899) Über die Ursachen exzentrischen Wuchses der Waldbäume. Cbl. f. d. Gesamte Forstwesen, 25. Jg., 7. Heft, S. 291.
22. ———, —. (1901) Holzuntersuchungen. altes und neues. Berlin.
23. Hartmann, F. (1932) Untersuchungen über Ursachen und Gesetzmässigkeit exzentrischen Dickenwachstums bei Nadel und Laubbäumen. Forstwiss. Cbl., 54. Jg., Heft 15, S. 497.
24. Hohenadl, W. (1924) Der Aufbau der Baumschäfte. Forstwiss. Cbl., 68. Jg., S. 460.
25. Jaccard, P. (1913) Eine neue Auffassung über die Ursachen des Dickenwachstums. Naturw. Ztschr. f. Forst- u. Landw., 11. Jg., S. 241.
26. ———, —. (1915) Neue Untersuchungen über die Ursachen des Dickenwachstums der Bäume. Naturw. Ztschr. f. Forst- u. Landw., 13. Jg., S. 321.
27. ———, —. (1917) Anatomische Struktur des Zug- und Druckholzes bei wagrechten Äste von Laubhölzer. Vierteljschr. d. Naturforsch. Gesel. in Zürich., Bd. 62, S. 303.
28. Jaccard, P. und Frey-Wysling, A. (1928) Quellung, Permeabilität und Filtrationswiderstand des Zug- und Druckholzes von Laub- und Nadelbäumen. Jahrb. f. Wiss. Botanik, Bd. 69, S. 549.
29. ———, —. und ———, —. (1935) Über Versuche zur Bestimmung der Zellsaftkonzentration in der Kambialzone beim exzentrischen Dickenwachstum. II. Jahrb. f. Wiss. Botanik, Bd. 81, S. 35.

30. Jaroschenko, G. (1936) Besonderheiten im Wuchs des Wurzelwerks der Buche. Forstw. Cbl., Bd. 58., Heft 18, S. 633.
31. Kienholz, R. (1930) The wood structure of a "pistol-butt" mountain hemlock. Am. Jour. of Bot., Vol. 17, S. 739.
32. Kny, L. (1882) Ueber das Dickenwachstum des Holzkörpers in seiner Abhaengigkeit von aeusseren Einflüssen. Berlin.
33. Krabbe, G. (1882) Ueber die Beziehungen der Rindenspannung zur Bildung der Jahrringe und zur Ablenkung der Markstrahlen. Sitzber. Königl. Preuss. Akad. d. Wiss., Ref. Bot. Cbl., Bd. 13, S. 146.
34. Küster, E. (1925) Pathologische Pflanzenanatomie. 3. Aufl. Jena.
35. Lämmermayr, L. (1901) Beiträge zur Kenntniss der Heterotrophie von Holz und Rinde. Sitzber. d. Kaiserl. Acad. d. Wiss. in Wien, Mathematisch-Naturwiss. Class, Bd. 110., Ref. Bot. Cbl., Bd. 89, S. 151.
36. Lundegårdh, H. (1918) Das geotropische Verhalten der Seitensprosse. Lunds Univ. Årsskrift, Bd. 14. Nr. 27., Ref. Eiol. Zbl., Bd. 39, S. 557.
37. ———, —. (1926) Reizphysiologische Probleme. Planta, Jg. 2., Ref. Bot. Cbl., Bd. 151, S. 427.
38. Mer, E. (1887) De la formation de bois rouge dans le Sapin et l'Epicéa. Compt. rend. de l'academie des Sciences de Paris, T. 104., Ref. Bot. Cbl., Bd. 32, S. 336.
39. Metzger, K. (1893) Der Wind als massgebenden Faktor für das Wachstum der Bäume. Mündener Forstl. Hefte, 3. S. 35.
40. ———, —. (1908) Über das Konstruktionsprinzip des sekundären Holzkörpers. Naturwiss. Zeitschr. f. Forst- u. Landwirt., 6. Jg., Heft 5, S. 249.
41. 三好東一. (昭和7年)ヒノキに關する材質の生態的調査(第一報). 帝室林野局林業試験報告, 第二卷, 第一號.
42. Molisch, H. (1922) Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. Jena.
43. 森三郎. (昭和8年)青森産ヒバ陽戔材材質に就て. 林業試験報告, 第33號, 35頁.
44. Münch, E. (1927) Bau und Leben unserer Waldbäume. 3. Aufl. Jena.
45. 中野治房. (大正15年)板根ノ意義ニ就テ(豫報). 植物學雜誌, 第39卷, 462號, 159頁.

46. Neger, Fr. W. (1913) Biologie der Pflanzen. Stuttgart.
47. Nördlinger, H. (1860) Die Technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart.
48. 尾中文彦. (昭和10年) 針葉樹に於ける所謂「アテ」の形成部位に就て. 日本林學會誌, 第17卷, 第9號, 68頁.
49. Pfeffer, W. (1904) Pflanzenphysiologie. Bd. II. Leipzig.
50. Pfeiffer, H. (1926) Das abnorme Dickenwachstum. Berlin.
51. Rawitscher, F. (1923) Epinastie und Geotropismus. Zeitschr. f. Botanik, Jg. 15, S. 65.
52. ———, —. (1932) Der Geotropismus der Pflanzen. Jena.
53. Rittmeyer, R. (1898) Über die Stammform der Nadelhölzer an Hängen und ihre Ursache. Österreich. Vierteljsch. f. Forstw., Neue Folge, Bd. 16, S. 163.
54. Rothe, G. (1930) Druckfestigkeit und Druckelastizität des Rot- und Weissholzes der Fichte. Tharandt. Forstl. Jbuch., S. 204.
55. Sachs, J. (1873) Grundzüge der Pflanzenphysiologie. 3. Aufl.
56. Schwarz, F. (1899) Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualizität von *Pinus silvestris*. Berlin.
57. Schwarz, W. (1939) Der Einfluss der Zug-, Knick- und Bieungsbeanspruchung auf das mechanische Gewebesystem der Pflanzen. Beiheft z. Bot. Cbl., Bd. 46, S. 306.
58. Sonntag, P. (1904) Über die mechanischen Eigenschaften des Roth- und Weissholzes der Fichte und anderer Nadelhölzer. Jahrb. f. Wiss. Bot., S. 71.
59. Sorauer, P. (1924) Handbuch der Pflanzenkrankheiten. I. Bd. Berlin.
60. Sommerville and Harper, A. G. (1914) Experiments on Eccentric Growth of Ash. Quart. Jour. of Fore., Vol. 8, p. 218.
61. Trendelenburg, R. (1932) Über die Eigenschaften des Rot- oder Druckholzes der Nadelhölzer. allg. Forst u. Jagdzeitung, 108. Jg., S. 1.
62. Ungerer, E. (1926) Die Regulationen der Pflanzen. 2. Aufl. Berlin.
63. Ursprung, A. (1906) Die Erklärungsversuche des exzentrischen Dickenwachstums. Biol. Cbl., Bd. 26, Nr. 9, S. 257.
64. Wiesner, J. (1892) Untersuchungen über den Einfluss der Lage auf die Gestalt der Pflanzen. Ber. d. Kaiserl. Akad. d. Wissenschaft in Wien., Ref. Bot. Cbl., Bd. 52, S. 113.

65. Wiesner, J. (1896) Experimenteller Nachweis paratonischer Trophien beim Dickenwachstum des Holzes der Fichte. *Perichte d. Deutsch. Bot. Gesel.*, Bd. 14., *Ref. Bot. Cbl.*, Bd. 67., S. 338.
66. Zimmermann, W. (1927) Die Georeaktion der Pflanze. *Ergebnisse der Biologie*. II. Bd.